



Electrégén phot.

Dujardin hel.

1904HS au Progrès Médical

hommage à l'auteur

D. Berillou



L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE

DE

PAUL BERT





1

# L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE

DE

# PAUL BERT

PAR

le Dr EDGAR BÉRILLON,

ANCIEN BOURSIER DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE,  
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES,  
DIRECTEUR DE LA *Revue de l'Hypnotisme*.



Avec un beau Portrait de PAUL BERT, gravé en taille douce  
et plusieurs Gravures dans le texte.



90945

PICARD-BERNHEIM

Éditeur  
11, rue Soufflot, 11  
PARIS

GEORGES ROUILLÉ

Imprimeur  
31, rue de Paris, 31  
AUXERRE

1887

A MADAME PAUL BERT

---



## INTRODUCTION

---

La France vient de perdre un de ses citoyens les plus distingués. Notre compatriote Paul Bert est mort au Tonkin, victime de son dévouement à la patrie, sans avoir pu terminer la noble tâche de civilisation qu'il avait entreprise. Cette mort glorieuse a forcé l'admiration de tous. Mais Paul Bert avait d'autres titres à la reconnaissance de son pays. Dans un siècle si fécond en travailleurs et en inventeurs, il s'était fait une place remarquable dans la science comme physiologiste.

Nous nous faisions gloire d'être son élève. Il avait bien voulu nous honorer de ses conseils et de son amitié, et nous avons été à

même d'apprécier l'importance de ses travaux scientifiques. C'est pour payer notre tribut d'affection et de reconnaissance que nous avons eu l'idée de mettre en lumière cette partie de son œuvre. Des esprits malveillants, dans le but de diminuer la gloire de leur adversaire, ont insinué que l'activité politique de Paul Bert avait dû nuire à ses études scientifiques. On a du reste souvent répété que les grands savants comme les grands écrivains ne pouvaient que s'amoindrir en se mêlant aux luttes de la vie publique. Autant vaudrait dire que les travaux politiques doivent rester le monopole de ceux qui n'auront su se distinguer dans aucune spécialité. Nous croyons, au contraire, que les esprits supérieurs peuvent sans peine mener de front des travaux qui ne sont pas, au fond, si dissemblables qu'ils le paraissent. Paul Bert lui-même disait souvent de la physiologie « qu'il n'est aucune science qui ressemble autant qu'elle à la science sociale. »

En parcourant ce petit livre on pourra s'assurer qu'il eut été difficile à un savant de mieux remplir sa tâche. Paul Bert a abordé et

mené à bien l'étude d'une infinité de questions. Il est peu de parties de la science biologique où son génie si fécond n'ait apporté quelques lumières, et ce n'a pas été une des moindres difficultés de notre travail que de réunir et de faire connaître dans un ouvrage si limité, une œuvre dont l'analyse complète demanderait des volumes.

La France peut être fière de lui. Jamais homme n'a été plus dévoué à sa patrie. Doué au plus haut degré de toutes les qualités qui caractérisent notre race, il était vraiment Français par sa franche gaieté, par son ardeur généreuse, que n'avait pu entamer le pessimisme allemand, si fort à la mode aujourd'hui.

Des amis dévoués de Paul Bert ont bien voulu nous prêter leur concours dans la tâche que nous entreprenions. Un superbe portrait, placé au commencement de ce livre, n'en sera pas un des moindres attraits. Il a été imprimé par M. Amand Durand. Ce célèbre hélio-graveur, que les liens d'une étroite amitié unissaient à Paul Bert, a pris à sa charge tous

les frais de la gravure. Nous tenons à lui exprimer ici notre reconnaissance. Nous devons remercier aussi les éditeurs Rouillé (d'Auxerre), Picard-Bernheim et G. Masson, du concours qu'ils nous ont prêté. Leur appui sympathique nous a seul permis de publier si promptement ce travail entrepris dans une idée de justice et de patriotisme.

D<sup>r</sup> E. B.





## CHAPITRE PREMIER.

### DÉBUTS SCIENTIFIQUES DE PAUL BERT.

### LA GREFFE ANIMALE ET LA VITALITÉ DES TISSUS ANIMAUX.

« Il n'y a science que là où s'est faite une lumière définitive qui illumine les moins clairvoyants ! » Lorsque dans un de ses cours à la Sorbonne, Paul Bert établissait, dans des termes aussi formels, le caractère distinctif qui sépare les faits scientifiques de ceux qui ne méritent pas cette qualification, il devait apparaître à ses auditeurs comme un de ces esprits conquérants dont chacun des travaux marque une défaite de l'erreur et une conquête indéniable de la vérité.

En effet, à peine sorti du collège d'Auxerre, où il fit ses humanités, sa vocation scientifique se révéla. Il se sentait emporté par une sorte d'impulsion irrésistible vers les sciences, dont l'étude

convenait si bien à son intelligence active, infatigable, à son esprit vaillant, amoureux de l'ordre, de la logique et de la certitude.

Désireux de se préparer à l'École Polytechnique, il entra à Sainte-Barbe ; mais des considérations de famille le détournèrent un instant de sa voie et le poussèrent vers l'étude des lois.

Il suivit les cours de la Faculté de Droit et y prit sa licence, mais sans enthousiasme. Seuls, le droit romain et le droit comparé l'intéressèrent, l'un par sa simplicité et par son air de grandeur, l'autre par ses difficultés. Le droit civil et le droit administratif lui parurent donner trop facilement prise à des arguties oiseuses et à des interprétations erronées. « Je critiquais les lois, dit-il lui-même, au lieu de les apprendre (1). »

Dix ans plus tard, il semblait encore avoir gardé quelque rancune contre les études de droit, lorsque, prononçant l'éloge funèbre de Gratiolet, dont on avait aussi voulu faire un avocat, il faisait ressortir « l'aridité de ces décevantes études, la vanité des disputes scholastiques et la fragilité des principes de convention. »

Dans de telles conditions d'esprit, il n'est pas

(1) Si Paul Bert ne trouva dans l'étude du droit un aliment suffisant pour son esprit créateur, il n'en était pas moins heureux d'avoir acquis le titre d'avocat, qui lui donnait plus d'autorité pour aborder les questions administratives.

étonnant qu'en montant à l'École de Droit, il eût été souvent tenté de s'arrêter à la Sorbonne. Un jour, en passant, il y écoute une des leçons savamment ordonnées par lesquelles Gratiolet, professeur à la Faculté des Sciences, faisait passer ses convictions scientifiques dans la pensée de ses auditeurs. En une minute, il est perdu pour l'étude du droit. Sans tarder, il se fait inscrire au laboratoire de Gratiolet et ne le quitte plus que pour suivre les cours du Muséum d'histoire naturelle et ceux de la Faculté de Médecine.

Quelques années plus tard, ces études qu'il poursuivait avec tant de passion le mettent en relation avec Claude Bernard, qui devine en lui un esprit ingénieux et le favorise de ses conseils. De son côté, Paul Bert, bientôt séduit par la droiture, la sincérité profonde et la largeur de vues du grand physiologiste, s'enthardit jusqu'à solliciter l'honneur de remplir auprès de lui les fonctions de préparateur. Il a le bonheur d'être admis et s'enferme avec son maître dans cette tanière obscure et humide du Collège de France, qui fut pendant longtemps le seul laboratoire de vivisection.

Paul Bert aimait à rappeler les conditions défectueuses, indignes d'un grand pays comme le nôtre, dans lesquelles le maître et l'élève poursuivaient leurs travaux. C'est sans instruments, sans argent, sans feu l'hiver, que Claude Bernard réalisa les

découvertes physiologiques qui ont jeté tant d'éclat sur la science française.

Jamais étudiant ne fut plus laborieux. Dans les rares loisirs que lui laissaient ses fonctions de préparateur, Paul Bert trouvait le temps de correspondre d'une façon suivie avec la Société des Sciences de l'Yonne, où ses communications recevaient toujours l'accueil le plus encourageant.

Il publia, en 1864, dans les bulletins de cette société, son *Catalogue méthodique des vertébrés sauvages de l'Yonne, avec clefs des espèces et diagnoses*. Ce catalogue, très complet, a pu être considéré, de l'avis de tous les naturalistes, comme un modèle pour les travaux du même genre.

C'est également dans ce bulletin que parurent ses premières expériences sur la *greffe animale*, dont il fit, en 1863, devant la Faculté de Médecine, le sujet de sa thèse inaugurale.

La greffe animale est une opération qui consiste à détacher d'un individu vivant un lambeau de ses tissus et à le transplanter sur une autre partie de lui-même ou sur un individu différent. Le lambeau transplanté reprend et continue à vivre.

De temps immémorial, les prêtres indiens possédaient le secret de réparer la perte du nez au moyen de la peau du front. Ils cachaient ce secret avec soin, comme un précieux instrument d'influence. En Italie et en Sicile, à une époque de

barbarie où on mutilait le visage de quantité de gens, sous divers prétextes, de nombreuses tentatives de réparation du nez furent pratiquées, non sans quelque succès.

En France, cette idée fit longtemps sourire. Elle inspira à Voltaire des railleries fort piquantes (1), et à Edmond About un roman des plus spirituels (2). Paul Bert, lui, n'eut d'autre désir, en reprenant cette idée, que de rendre service à l'humanité.

Pour cela, il fallait vérifier l'exactitude de faits très anciens et se rendre compte de leur valeur scientifique. C'est ainsi qu'il fut amené à faire sur des rats albinos les expériences les plus imprévues.

Par un procédé extrêmement simple, il put greffer l'un sur l'autre deux de ces animaux. Une incision longitudinale étant pratiquée à la peau du thorax et de l'abdomen de deux rats blancs, à droite chez l'un, à gauche chez l'autre, il lui suffisait, après avoir disséqué les lambeaux, d'assurer le contact des surfaces saignantes par une suture et un bandage collodioné. Cinq jours après, les deux animaux étaient désormais greffés l'un sur l'autre, en un mot, étaient devenus frères Siamois. Et cette greffe était assez complète pour que l'action

(1) Voy. l'article intitulé : DE PRIOR, dans le *Dictionnaire philosophique*.

(2) Le roman d'Edmond About a pour titre : *Le nez d'un Notaire*.

des médicaments administrés à l'un fût éprouvée par tous les deux.

C'est cette greffe que Paul Bert désigne sous le nom de *greffe par approche ou siamoise*.

Il multiplia les expériences en les modifiant et constata que non seulement il était possible de greffer ensemble des animaux de même espèce, mais encore des animaux d'espèces différentes, comme le chat et le rat. La réunion obtenue, il démontrait d'une façon saisissante l'intimité physiologique qui unissait les deux animaux, en faisant dilater les pupilles du rat par l'injection d'une solution belladonée dans le rectum du chat.

Il tenta de planter la queue d'un rat sur le nez d'un autre rat. La réussite fut complète. Qui ne connaît la légende des *rats à trompe*, sur laquelle maintes fois s'est exercée la verve bourguignonne ? C'est cette expérience de Paul Bert qui y donna lieu.

Paul Bert n'en voulut pas aux rieurs du soin qu'ils prenaient de populariser ses découvertes. Au contraire, les critiques suscitées par sa première thèse le confirmèrent dans l'idée que la greffe animale pouvait être le point de départ d'une méthode expérimentale rigoureuse qui permettrait d'abord de démontrer l'indépendance vitale des tissus, puis d'étudier l'action des milieux divers sur chacun de ces tissus pris isolément. La physiologie,

déjà riche sur beaucoup d'autres points, n'avait encore presque rien enregistré sur les propriétés de nutrition. C'est que l'existence de ces propriétés se manifeste par des phénomènes dont l'observation doit durer longtemps, et que les parties qu'il a fallu séparer du corps pour les soumettre aux agents modificateurs, ne tardent pas à périr. La greffe animale était le meilleur procédé d'analyse, et Paul Bert ayant à choisir un sujet de thèse pour le doctorat ès-sciences, chercha à créer la méthode des transplantations animales et à appliquer cette méthode à l'examen des diverses questions de physiologie restées jusqu'alors sans solution.

*Ses recherches expérimentales pour servir à l'histoire de la vitalité propre des tissus animaux*, basées sur des centaines d'expériences personnelles, le conduisirent à des conclusions dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, mais dont un exposé succinct suffira pour faire ressortir l'importance : La première, c'est qu'en séparant un membre du corps, une patte ou une queue, par exemple, chez un animal à sang chaud, comme un rat, on ne met en péril immédiat la vie daucun des éléments anatomiques qui constituent cet organe. Bien plus, si on replante ce membre dans le tissu sous-cutané du dos ou dans le péritoine d'un autre animal, et si on le remet, par ce fait, dans des conditions nutritives convenables, on reconnaît qu'il

continue à manifester son existence par des phénomènes appréciables de sensibilité et d'activité.

Même lorsqu'elles sont soumises à des conditions exceptionnelles de température et de milieu, les parties séparées du corps continuent à vivre pendant un temps déterminé. Ainsi la queue d'un rat séparée du corps vit encore après deux, trois et même sept jours, si la température ne s'élève pas au-dessus de douze degrés centigrades. Si la température atteint de vingt-cinq à trente degrés, la mort de l'organe arrive avant deux jours. L'action d'un courant électrique assez intense, continuée pendant dix-sept heures, le laisse vivre. Ces expériences, et cent autres plus compliquées, démontrent la puissance vitale de chacun des organes pris isolément et portaient ainsi le plus rude choc à l'ancienne théorie du *principe vital*.

Paul Bert, dont l'esprit novateur s'accommodeait mal des barrières imposées à la science expérimentale par des doctrines philosophiques surannées, s'empressa, avec une hardiesse de caractère assez rare chez les candidats aux grades universitaires, d'attaquer de front l'obscur et trop exclusive doctrine de Kant. On eut dit qu'il avait pris pour devise cette parole de Claude Bernard : « Il faut briser les entraves des systèmes philosophiques comme on briserait les chaînes d'un esclavage intellectuel. »

Aussi dans sa thèse, ne craignait-il pas de prendre une position indépendante en formulant nettement l'idée directrice qui l'avait guidé dans ses travaux : « Analyser les conditions des phénomènes et mesurer l'importance de chacune d'elles, est la science ; chercher à en expliquer l'essence et, pour cela, leur supposer un mobile immatériel, imaginer une force qui soit en dehors d'elles et cependant les domine, est la fantaisie. » Nous ne pouvons faire mieux que de transcrire fidèlement les lignes suivantes dans lesquelles il célébrait la disparition prochaine d'un des derniers ennemis du progrès scientifique : « C'est une question vieille comme la médecine que de savoir s'il existe dans les êtres vivants un principe directeur et coordinateur, tenant sous sa dépendance la vie de toutes les parties du corps ; ou si, au contraire, celles-ci vivent chacune pour son propre compte, en vertu d'une autonomie dont les manifestations synergiques chez toutes constituent l'apparente unité de la vie.

« Si nous ne nous faisons illusion, nos expériences sur les transplantations de queues de rat détachées du corps depuis plusieurs jours ou soumises à l'action de modificateurs souvent très énergiques, sont la meilleure preuve expérimentale directe que l'on puisse invoquer en faveur de l'autonomie des éléments. Il faut bien que le principe vital existe dans chacune de ces parties, si principe vital il y a.

« Le fragment de rat greffé continue à vivre, se développe et acquiert la forme et les dimensions qu'il aurait acquises s'il fût resté en place. Ses cartilages d'ossification s'ossifient; ses épiphyses osseuses se soudent aux diaphyses; ses cartilages intervertébraux, quand il s'agit d'une queue, deviennent fibreux, d'hyalins qu'ils étaient; la moelle celluleuse de ses os se charge de graisse, etc. En un mot, son évolution s'opère suivant ses lois normales, soit dans l'ordre physiologique, soit dans l'ordre pathologique.

« Donc, s'il fallait rapporter à un principe, à une essence, l'évolution morphologique d'un être entier, convenons que ce principe n'est pas un, mais multiple, qu'il existe dans chaque élément figuré et que, en ce sens, Kant a eu tort de dire que la raison de l'être vivant réside dans son ensemble : elle réside, comme celle du corps brut, dans chacune de ses parties. »

Cette thèse pour le doctorat ès-sciences naturelles fut soutenue avec éclat devant la faculté de Paris, en 1866. Avant même d'avoir été réunis en un volume, les travaux qui en formaient la base, présentés à la Société philomathique et à la Société de Biologie, avaient valu à leur auteur, en 1865, le prix de physiologie expérimentale et le titre de lauréat de l'Académie des Sciences.

Paul Bert avait alors 32 ans, il n'avait pas perdu

son temps. Ses premiers travaux, conduits avec la rigoureuse méthode dont son maître, Claude Bernard, était le créateur, avaient mis en relief sa puissance d'investigation. Quelques esprits étroits, timorés ou jaloux, avaient pu seuls s'attarder, sous le prétexte d'une sentimentalité déplacée, à des critiques futile, indignes d'être relevées. D'ailleurs, cinq ans plus tard, de tristes évènements devaient fournir une preuve incontestable de l'utilité des recherches de Paul Bert sur la vitalité et la transplantation des tissus.

La guerre éclate. Nos ambulances se remplissent de blessés affreusement mutilés par l'emploi de nouveaux engins de destruction. Grâce aux conseils de Paul Bert ainsi qu'aux principes qu'il avait mis en lumière, il fut possible aux chirurgiens de réparer ces effrayantes mutilations de la face, occasionnées par les éclats d'obus.

Qui donc eut alors pu regretter les premières vivisections du jeune physiologiste, quand il était démontré qu'elles pouvaient rendre l'apparence humaine à des soldats défigurés pour la défense de la Patrie.

Le propre de toute découverte scientifique est d'apporter à sa suite de nombreuses applications pratiques qu'il n'est pas toujours donné, même à son auteur, de prévoir immédiatement. Les applications de la greffe animale et de la méthode des

transplantations des tissus ne se comptent plus. Nous ne pouvons cependant pas oublier de dire que les premières expériences faites par Paul Bert lui permirent de résoudre, en 1877, une des questions les plus controversées de la physiologie du système nerveux, à savoir que les nerfs ont la propriété de transmettre, dans les deux sens, une excitation portée en un point de leur parcours.

La pratique de la *transfusion du sang* devait elle-même bénéficier de quelques aperçus nouveaux, d'une importance capitale. Pour Paul Bert, la transfusion du sang est, en effet, une véritable greffe, une greffe liquide, ou, pour mieux dire, une greffe d'humeur, car les globules du sang y jouent le principal rôle.

Une nouvelle et fort curieuse application de la méthode de Paul Bert vient d'être faite par un de nos amis, le docteur Dubousquet. A l'une des dernières séances de la Société de Biologie, ce praticien communiquait le cas suivant : Il s'agissait d'un malade atteint de deux brûlures graves du pied, produites par de la fonte en fusion. Pour hâter la cicatrisation, M. Dubousquet greffa sur une des brûlures quatre petits fragments de peau de grenouille ; sur l'autre, il greffa quatre lambeaux épidermiques de la peau du malade. Ces deux variétés de greffes furent suivies de succès. Cependant l'expérimentateur constata que la cicatrisation de la

brûlure qui avait reçu les greffes de peau de grenouille fut plus rapide que l'autre. L'auteur de cette communication déclarait avoir été inspiré dans sa tentative par les travaux de Paul Bert sur la greffe animale.



1

2

3

4



## CHAPITRE II.

### LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.

Les deux remarquables thèses de Paul Bert et plusieurs conférences, faites soit aux séances de la Société des Amis des Sciences (1), soit à la Sorbonne (2), avaient forcé l'attention du public savant.

L'occasion de développer sur un champ plus vaste ses éminentes qualités de professeur ne devait pas tarder à lui être fournie. Dès 1867, il obtenait une chaire de zoologie à la faculté des sciences de Bordeaux. Malgré son court séjour dans cette ville, il eut le temps d'y laisser le souvenir d'un professeur séduisant. Par ses con-

(1) Pierre Gratiolet. Eloge prononcé à la séance publique annuelle de la Société des amis des Sciences, le 4 mai 1866.

(2) La physiologie du système nerveux. Conférence faite à la Sorbonne, le 9 mars 1866.

férences à la salle Saint-Jean, sur la *Machine humaine*, il préludait dignement à ses magistrales leçons de la Sorbonne. Rappelé à Paris en 1868, pour suppléer Flourens à son cours du muséum d'histoire naturelle, il fut, la même année, chargé du cours de Claude Bernard, qui venait de remplacer Magendie dans la chaire de médecine du Collège de France. Avec un désintéressement et une délicatesse qui honorent autant le maître que le disciple, Claude Bernard fut le premier à exprimer le désir de céder sa chaire de la Faculté des Sciences à son élève préféré. Nommé professeur titulaire, Paul Bert fit sa leçon d'ouverture à la Sorbonne, le 18 janvier 1869, en présence d'un auditoire considérable. Le sujet choisi par lui : *la physiologie générale et le principe vital*, lui permit de tracer le plan d'un programme scientifique plein de promesses pour l'avenir et de saluer l'aurore d'un jour nouveau pour la physiologie française.

Pourvu d'un laboratoire qui contenait au moins les instruments et les appareils indispensables, il entreprit immédiatement ses travaux sur *l'asphyxie dans l'air confiné*, qui devaient, par une pente insensible, l'amener à l'étude complète de la pression barométrique.

La guerre vint interrompre momentanément ses expériences. Comme tout bon Français, Paul Bert offrit ses services au gouvernement de la défense

nationale. Sa conduite, comme préfet du Nord, fut au-dessus de tout éloge.

La paix à peine signée, il était de retour au milieu de ses élèves, et le 18 mars 1871, à l'heure même où l'Hôtel-de-Ville était envahi, il reprenait son cours en prononçant les paroles suivantes : « Nous nous retrouvons après six mois de séparation, — six mois d'horribles tempêtes, — au milieu de circonstances bien difficiles et bien douloureuses. Mais vous conviendrez avec moi que les épreuves néfastes par lesquelles vient de passer la Patrie, que celles moins sanglantes sans doute, mais peut-être aussi périlleuses qu'elle sera appelée à subir encore, ne doivent pas nous décourager du travail. Elles nous y appellent au contraire, elles nous y attachent avec une force nouvelle, car elles contiennent un enseignement bien chèrement acheté, mais dont au moins nous devons profiter. »

Le désespoir n'avait pas de prise sur une âme trempée comme la sienne, et, dès le lendemain de la défaite, il envisageait froidement les deux nécessités de situation qui, selon lui, dominaient tous les autres problèmes : la revanche et la régénération.

Il conseillait à ses auditeurs, comme un moyen infaillible d'arriver à cette régénération de notre pays, d'exercer leur esprit par l'étude des sciences

théoriques, mathématiques, physiques, biologiques et sociales. Et après cette digression bien justifiée par les préoccupations du moment, il reprenait la suite de son enseignement comme s'il n'eût pas été interrompu.

De 1871 à 1875, il fait, à l'Académie des Sciences, de nombreuses communications que nous trouvons dans les comptes-rendus. La plupart ont trait à la physiologie de la respiration. Toutes sont exposées avec cette clarté et cette précision qui étaient les qualités dominantes de son esprit.

Comme tant d'autres, Paul Bert avait été frappé de l'influence qu'exercent sur notre organisation les variations de la pression atmosphérique. Que la colonne du baromètre monte ou descende de quelques millimètres, aussitôt les gens nerveux, les asthmatiques éprouvent des sensations favorables ou fâcheuses, qu'ils ne manquent pas d'attribuer à la lourdeur ou la légèreté de l'air. Si l'on veut entreprendre l'ascension d'une haute montagne, on ne tarde pas à éprouver des accidents singuliers : le pouls s'accentue, des vertiges apparaissent, le malaise est général et la faiblesse devient telle que l'ascensionniste est obligé de s'arrêter. C'est ce que les touristes et les guides désignent sous le nom de *mal des montagnes*. La menace de ces accidents constitue une des grandes difficultés du gigantesque problème auquel tant de Français ont sacré leur vie : la conquête de l'air.

La lutte contre l'atmosphère est pleine de dangers. Dès que l'aéronaute s'élève à cinq ou six milliers de mètres, il éprouve une sensation de fatigue, bientôt suivie de vertiges, d'hallucinations, d'assoupissements, de palpitations, de nausées. En un mot, il est menacé par la syncope et l'asphyxie, s'il veut arriver aux régions les plus élevées de l'atmosphère.

Paul Bert pensa qu'il était temps de mettre la science au service de ces voyages périlleux. Il intervint et commença ses expériences sur des oiseaux et des petits mammifères (Fig. 1). Quand il eut constaté, en les plaçant sous la cloche d'une machine pneumatique, l'influence qu'exerce sur eux la diminution de pression de l'air, il répéta les expériences sur lui-même. Voici comment il procéda : grâce à la généreuse intervention du docteur Jourdanet, il avait pu faire installer dans son laboratoire de physiologie de la Sorbonne deux vastes appareils cylindriques en tôle boulonnée dans lesquels une pompe à vapeur pouvait à volonté faire le vide ou comprimer de l'air. C'est dans cet appareil que Paul Bert étudia les effets de l'air comprimé sur l'organisme humain.

Voulant savoir jusqu'à quel point il pouvait supporter la décompression, il s'enferma dans un des cylindres, muni d'un sac de caoutchouc rempli d'oxygène. La pompe faisait progressivement le

vide. Il put analyser à son gré tous les accidents classiques signalés par les aéronautes et les ascensionnistes : accélération du pouls et de la respiration, dégoûts, nausées, troubles de la vue, de l'ouïe,

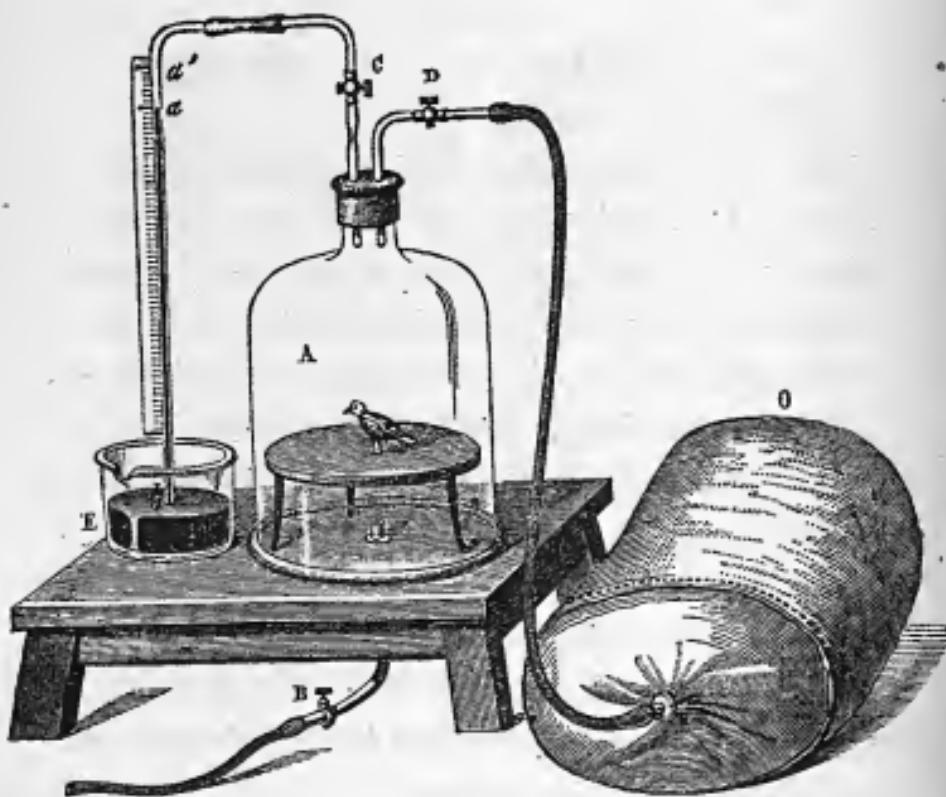


FIG. 1. — Expérience démontrant l'influence de la diminution de pression (1).

de l'intelligence. À mesure que la pression diminuait, il se sentait devenir indifférent à toutes choses, incapable de penser et d'agir. Dès qu'il était sur le

(1) Cette figure et les suivantes sont extraites de *La Pression barométrique*. (G. Masson, édit.).

point de s'évanouir, il respirait l'oxygène de son sac et tous les accidents disparaissaient comme par enchantement (Fig. 2).



FIG. 2. — Même expérience sur l'homme.

Il pouvait, à volonté, sans bouger de ses cylindres, se trouver sous la même pression atmosphé-

rique que celle qui existe au sommet du mont Blanc. Il voulut même se mettre dans des conditions analogues à celles où il se fut trouvé s'il eût été au sommet de l'Himalaya. Pour cela, la pression fut abaissée à 246 millimètres. Cette pression correspond à une hauteur d'environ 9,000 mètres, et cette hauteur était supérieure à celle à laquelle deux aéronautes anglais, MM. Glaisher et Coxwell faillirent périr. Ces deux hommes s'évanouirent et eussent succombé comme Sivel et Crocé-Spinelli, si leur ballon ne fut brusquement descendu.

Paul Bert, son sac d'oxygène à la bouche, atteignit cette basse pression sans ressentir le moindre malaise. Ce jour là, un oiseau placé dans le cylindre était tombé à ses pieds, presque complètement asphyxié.

Paul Bert eut voulu faire descendre la pression jusqu'à ce que cet oiseau mourût. Ses aides ne le permirent pas ; il dut remonter à la pression normale. « Mais avant, disait-il un jour avec sa bonne humeur habituelle, je mis un instant le tube à oxygène sous le bec de mon oiseau qui revint aussitôt à lui, et nous nous tirâmes tous deux fort bien de cette situation qui n'avait été pénible que pour lui. »

Des aéronautes vinrent se placer dans le cylindre pour comparer les effets de la décompression éprouvée dans l'ascension. Convaincus de la réalité

de l'action de l'oxygène pur qui les avait ranimés presque instantanément, alors qu'ils étaient sur le point de perdre connaissance, ils demandèrent au savant physiologiste de mettre en pratique ses expériences de laboratoire.

Le 22 mars 1874, Crocé-Spinelli et Sivel faisaient leur première ascension dans les conditions indiquées par le maître ; ils emportaient avec eux des ballonnets remplis d'oxygène. *L'Etoile polaire*, aérostat de 2,800 mètres cubes, les porta en deux heures à 7,300 mètres. Comme Paul Bert l'avait prévu, tous les accidents dont ils furent atteints cessèrent sous l'action de l'oxygène.

Le 15 avril 1875, Crocé-Spinelli et Sivel repartaient pour une nouvelle ascension à une grande hauteur, emmenant avec eux M. Gaston Tissandier.

Au cercle de l'aérostat était attaché trois ballonnets remplis d'un mélange de 72 pour 100 d'oxygène. Ces ballons étaient d'une capacité insuffisante. Paul Bert était alors absent de Paris. Prévenu, par un mot de Crocé-Spinelli, de l'ascension projetée, il répondit aussitôt à ses amis : « Dans les hauts lieux, où cette respiration artificielle vous sera indispensable, vous devrez compter pour trois hommes sur une consommation d'au moins vingt litres par minute ; voyez comme votre provision sera vite épuisée. »

Cette lettre arriva trop tard ; le jour de l'ascension était fixé et l'on tira simplement de ces observations cette conclusion qui fut si funeste, qu'il fallait attendre l'extrême nécessité pour faire usage des ballonnets. On sait ce qui advint quand les aéronautes, sentant l'asphyxie les gagner, voulurent saisir les tubes sauveurs : leurs bras étaient paralysés.

Personne n'a oublié le terrible accident qui termina cette expérience. La catastrophe du ballon le *Zénith*, la mort de deux des aéronautes qui le montaient, MM. Crocé-Spinelli et Sivel, montrait bien cruellement, hélas ! pour la science, les dangers de ces ascensions et l'action funeste exercée sur notre organisme par la raréfaction de l'air.

M. Gaston Tissandier, le seul survivant des aéronautes du *Zénith*, a écrit sur ce drame une narration saisissante, dont la lecture nous apprend qu'à 7,000 mètres ses compagnons et lui-même avaient senti leur être, déjà oppressé, se ranimer sous l'action de l'oxygène. A 7,450 mètres, ils avaient encore toute leur connaissance. Alors Sivel coupa les cordes qui retenaient trois sacs de lest et le ballon subit un brusque mouvement d'ascension qui le porta à 8,600 mètres. Ils perdirent tous trois connaissance, mais le ballon étant redescendu, ils revinrent à la vie. Ils eussent pu s'en tenir là ; Crocé-Spinelli ne le voulut pas. Il jeta

par-dessus bord tout ce qui se trouvait sous sa main, l'aspirateur, le lest, les couvertures. Le ballon, délesté subitement, remonta encore une fois dans les hautes régions. Quand M. Gaston Tissandier revint à lui, ses deux compagnons étaient morts. Ils avaient succombé au moment où le ballon avait atteint une seconde fois les niveaux élevés qu'il venait de quitter. La décompression atmosphérique dont il est difficile de subir l'action coup sur coup pendant deux heures consécutives les avait foudroyés.

Des adversaires de Paul Bert, peu scrupuleux sur le choix des moyens, ont cherché à insinuer qu'on pouvait faire remonter jusqu'à lui la responsabilité de la mort de ces audacieux soldats de la science. Le récit fait par l'unique survivant de la catastrophe eut suffi à le couvrir contre ces infamies (1). Il fut doublement vengé par les applaudissements unanimes qui éclatèrent lorsque, le 23 mai 1875, dans le grand meeting en l'honneur de Sivel et de Crocé-Spinelli, il termina son discours par cette éloquente péroration :

« Transportons-nous par la pensée cinq années  
 « en arrière, pendant l'hiver terrible. Paris est  
 « enfermé dans un cercle de fer ; toutes commu-  
 « nications sont coupées ; sur terre, d'infranchis-

(1) Journal *la Nature*, n° du 1<sup>er</sup> mai 1875.

« sables obstacles ; des filets barrent le fleuve.  
« Mais l'air nous reste, cette voie nouvelle ouverte  
« par un Français, Montgolfier, sur laquelle s'est  
« le premier aventuré un Français, Pilâtre du Ro-  
« zier ; des hommes intrépides, — M. Gaston  
« Tissandier en était, — s'élançent dans les airs,  
« bravant mille périls, sans parler des balles  
« ennemis, répandant en province les paroles qui  
« adoucissaient les angoisses de la séparation,  
« emportant avec eux le sentiment énergique, l'in-  
« domptable résolution de la grande ville de faire  
« jusqu'au bout son devoir. Aussi, j'ose le dire, et  
« qui me démentira ? lorsque se répandit le bruit  
« que deux hommes étaient morts en ballon, Paris  
« se reporta à ces heures de douleurs et d'espé-  
« rances, la France tressaillit, et tous les cœurs  
« battirent comme ils battaient lorqu'on nous disait  
« qu'un ballon avait pris terre, qu'on avait vu un  
« ballon dans les airs.

« Ainsi, cette double mort, qui apparaissait  
« comme empreinte d'une étrange et lugubre poé-  
« sie, comme éclairée par l'auréole de la science,  
« éveillait encore les souvenirs du patriotisme le  
« plus pur. N'en est-ce pas assez pour expliquer  
« qu'elle ait excité dans la France entière un sen-  
« timent si vif, si universel, si durable ? »

Ce funeste accident, loin de diminuer la valeur des observations de Paul Bert, démontrait, au con-

traire, l'exactitude de ses prévisions. Il avait affirmé que l'abaissement de pression, en diminuant la tension de l'oxygène dans le sang, mettait les aéronautes dans les conditions qui provoquent le plus sûrement l'asphyxie. Puis, il avait dit que le seul moyen de combattre cette diminution de l'oxygène dans le sang de ceux qui tentent des ascensions élevées, était de se munir de ballonnets remplis d'oxygène pur et de respirer un air d'autant plus oxygéné que la pression diminue davantage. Or, Crocé-Spinelli et Sivel ont succombé dans les régions élevées de l'atmosphère, justement parce qu'ils n'avaient pensé à respirer l'oxygène que lorsqu'ils n'en avaient plus le pouvoir.

L'intérêt des ascensions à grande hauteur n'a pu être diminué par cet évènement.

Ces ascensions seules peuvent permettre de déterminer avec précision la direction, la force, l'état hygrométrique, l'épaisseur des couches aériennes en mouvement. Ce n'est que quand on aura bien étudié cette zone aérienne de 40 à 42 kilomètres, dans laquelle s'engendrent la pluie, la grêle, la neige, les orages, et aux extrêmes limites de laquelle peut nous emporter la force ascensionnelle du ballon, qu'on arrivera à la prévision certaine du temps. Nous croyons, comme Paul Bert, qu'il y a dans cette gigantesque étude de quoi tenter l'ambition de plus d'un météorologue.

Il n'y avait rien d'étonnant à ce que l'attention du physiologiste eût d'abord été appelée sur l'étude des accidents provoqués par la diminution de pression, car ces accidents ont été signalés par tous ceux qui ont eu à gravir une haute montagne. Au contraire, il est rare que l'homme soit soumis à l'influence d'une pression plus forte que celle qu'exerce l'atmosphère au niveau des mers. Seuls, les progrès de l'industrie ont amené des hommes à travailler sous des pressions qui ont dépassé quatre atmosphères.

L'invention de la cloche à plongeurs, faite par Sturmius, à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, marqua le début de ces travaux sous forte pression. Mais ce n'est que depuis les derniers perfectionnements apportés au scaphandre, et surtout depuis la découverte, par M. Triger, des appareils à foncer les piles de pont, que des hommes ont été soumis à des pressions énormes. Des accidents très graves, et même des cas de mort, ont été signalés chez les *scaphandriers* et chez les ouvriers *tubistes*. Tous les observateurs ont noté, pendant le séjour dans l'air comprimé, des douleurs d'oreilles parfois intolérables, un refoulement du tympan qui va jusqu'à la rupture de la membrane, des modifications de la voix et un ralentissement des mouvements respiratoires et des battements du cœur. Dès que la pression atteint trois atmosphères, les ouvriers se trouvent dans

l'impossibilité de siffler et il leur faut même déployer un certain effort pour parler.

Quand l'individu passe de l'air comprimé à l'air libre, loin de s'arrêter, les accidents s'aggravent. Les ouvriers tubistes et les plongeurs, quelques minutes ou quelques heures après la sortie des caissons foncés ou des scaphandres, éprouvent des démangeaisons cutanées, désignées sous le nom de *puces*, qui finissent par occasionner des douleurs extrêmement vives; puis surviennent des gonflements douloureux des muscles, des douleurs péri-articulaires, des troubles de la sensibilité, des paralysies complètes des membres inférieurs; quelquefois le malade perd connaissance et est frappé de mort subite.

En 1869, lors de la construction du pont jeté à Saint-Louis (Etats-Unis) sur le Mississippi, les ouvriers durent descendre à 233 mètres 70 en contrebas des eaux ordinaires. La pression totale s'y éleva à 4 atmosphères 45. En sortant des tubes, la plupart des ouvriers éprouvèrent les symptômes décrits plus haut. Douze moururent. Les mêmes accidents ont été constatés toutes les fois que des ouvriers sont descendus dans les caissons foncés, et notamment lors de la construction des deux piles du gigantesque pont suspendu qui relie New-York à Brooklyn.

L'emploi des scaphandres s'est aussi beaucoup

généralisé. Dans nos ports, il sert quotidiennement aux réparations des coques de navires. Dans les mers de l'Archipel, de nombreux pêcheurs s'en revêtent pour se livrer à la pêche des éponges et du corail. Des hommes munis de ces appareils ont pu descendre à 34 mètres au-dessous du niveau de la mer. Les cas de mort survenant quelque temps après la sortie des scaphandres sont extrêmement nombreux. Dans l'Archipel seulement, ils s'élèvent à une trentaine par an. En 1867, sur 24 hommes, 10 succombèrent.

En présence de ces dangers, imputables à l'augmentation de pression, et surtout à la décompression qui la suit, rien ne pouvait être plus tentant que l'étude expérimentale des effets de l'air comprimé. Comme pour l'air dilaté, Paul Bert commença ses expériences sur des moineaux et sur des mammifères. Nous ne pouvons entreprendre la description des dispositifs et des appareils compliqués à l'aide desquels il arriva à réaliser les expériences les plus décisives. Il étudia successivement les causes physiologiques et chimiques de la mort des animaux sous diverses pressions et les propriétés des gaz contenus dans le sang aux diverses pressions barométriques.

Enfin il analyse l'action de l'oxygène à forte tension, et c'est là que se place une des plus intéressantes et des plus imprévues de ses découvertes.

Un des faits qui avaient le plus frappé Paul Bert dès le début de ses expériences, c'est que l'oxygène, arrivé à un certain degré de tension, constitue un agent redoutable, bientôt mortel, pour la vie animale. Cette révélation inattendue méritait une étude approfondie. Il fallait déterminer les doses précises auxquelles l'oxygène, poison de notre organisme quand il n'en est pas le rénovateur, devient dangereux. Il fallait expliquer son mode d'action intime sur les divers éléments anatomiques de nos tissus. En un mot, il s'agissait de créer la symptomatologie de l'*empoisonnement par l'oxygène*.

Les nouveaux symptômes provoqués et étudiés par Paul Bert étaient, en effet, bien singuliers. Lorsqu'il plaçait un animal dans un cylindre et qu'il lui faisait respirer pendant quelque temps de l'oxygène sous forte tension, il le voyait bientôt en proie à des convulsions d'un caractère tout spécial. Ces convulsions représentent, suivant l'intensité des accidents, les divers types du tétanos, de l'épilepsie, de l'empoisonnement par la strychnine et par l'acide phénique. Et même les attaques sont quelquefois tellement violentes qu'on peut soulever l'animal par une seule patte, raide comme un morceau de bois. (Fig. 3).

Lorsque Paul Bert se fut bien convaincu de l'action toxique de l'oxygène sous forte tension, il se mit à étudier sur lui-même, dans un appareil cons-



Fig. 3. — Chien pendant les convulsions de l'empoisonnement par l'oxygène.

truit par le docteur Jourdanet, les effets de l'air comprimé à de faibles pressions. Les modifications que provoque sur les phénomènes respiratoires et circulatoires l'augmentation de pression, ainsi que les troubles qu'elle apporte dans les sécrétions, furent minutieusement constatés par lui (fig. 4). Enfin il arriva à cette conclusion que l'action toxique de l'oxygène commence à se faire sentir nettement chez l'homme vers la pression de cinq atmosphères d'air. Cela signifiait que dès que, les nécessités de l'industrie amèneraient à soumettre des hommes à des pressions de plus de cinq atmosphères, ils seraient exposés à des accidents mortels, non plus seulement après la décompression et la sortie des appareils, mais même pendant la compression.

Dans l'état actuel des choses, les dangereux effets de la décompression brusque sont seuls à redouter. Ces effets, comme l'a démontré Paul Bert, doivent être attribués au dégagement de l'azote, qui s'est en excès emmagasiné dans l'organisme, suivant les exigences de la loi de Dalton : Ce gaz repasse à l'état libre dans les vaisseaux sanguins, les divers liquides organiques, l'épaisseur même des tissus. Il peut ainsi, suivant les cas, arrêter la circulation pulmonaire ; anémier et amener au ramollissement certaines régions des centres nerveux et, particulièrement, le renflement lombaire de la moëlle épinière ; dilacerer les tissus ; produire des tumeurs ou

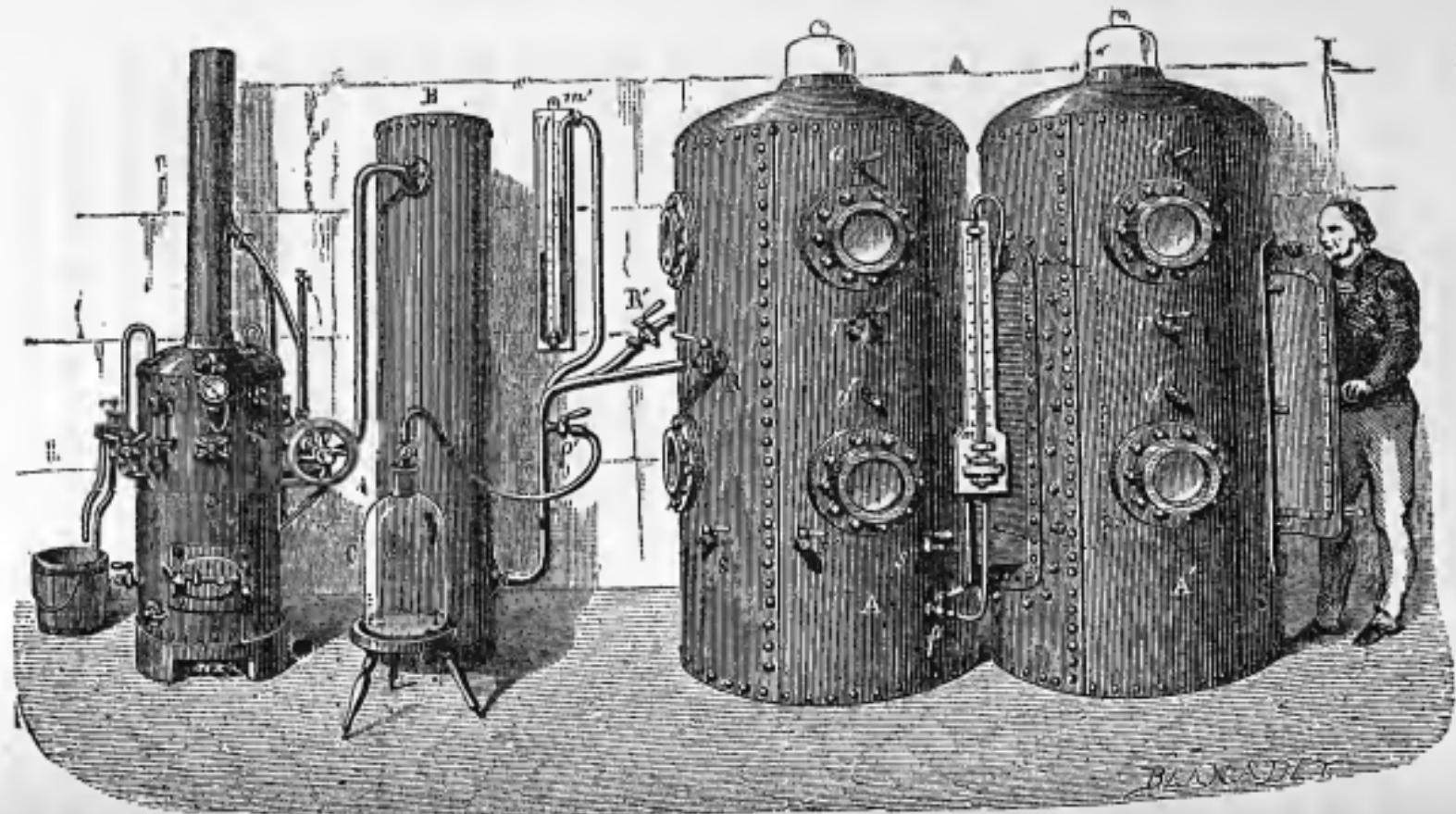


FIG. 4. — Grand appareil pour l'étude des faibles pressions.

un emphysème plus ou moins étendu. La gravité des accidents dépend tout à la fois du siège et de l'étendue de ces désordres multiples.

La cause des dangers de la compression étant connue, il était relativement facile, par des déductions logiques, d'arriver à la conjurer. Paul Bert s'empressa de formuler les moyens prophylactiques à mettre en œuvre pour atténuer ces accidents. La première indication consiste à décomprimer d'autant plus lentement les ouvriers qu'ils sont restés plus longtemps dans les tubes, car il faut non seulement laisser à l'azote du sang le temps de sortir, mais à l'azote des tissus celui de repasser dans le sang. Si, malgré ces précautions, l'auscultation dévoile quelques gargouillements gazeux dans la région du cœur, il faut se hâter de faire respirer de l'oxygène aussi pur que possible. Enfin, lorsque la dépression manifestera ses effets par la paralysie des membres inférieurs, il faudra immédiatement recomprimer, car il s'agit de quelque bulle de gaz arrêtée dans les vaisseaux de la moëlle, et dont il faut réduire aussitôt le volume, pour que le sang puisse l'entraîner. Une des plus grandes souffrances que ressentent les ouvriers pendant la décompression, c'est l'angoisse causée par la sensation de froid ; il est donc indispensable de disposer dans les chambres à décompression des appareils de réchauffement.

A la suite de ces conclusions, Paul Bert fut maintes fois consulté par les compagnies de constructions. Grâce à ses conseils, bien des malheurs ont pu être évités. Lors de la construction du pont d'Aalberg, sur le Limfjord, en Danemark, la compagnie de Fives-Lille, qui exécutait les travaux, lui adressait la note suivante : « Nous avons transmis à notre chantier d'Aalberg les renseignements que vous avez bien voulu nous donner sur les précautions à prendre pour le travail des hommes à de fortes pressions. Nous avons dépassé la profondeur de 32 mètres au-dessous du niveau de l'eau, et *les accidents ont disparu*, par suite de l'augmentation de la durée de l'éclusage de sortie. »

Sauver des vies humaines est certainement la meilleure application pratique d'une découverte scientifique. C'est pourquoi nous avons insisté sur les expériences de Paul Bert, qui conduisaient directement à cet heureux résultat. Mais il faudrait un volume entier pour faire ressortir toutes les conclusions intéressantes auxquelles ses recherches sur la pression barométrique ont abouti. Au risque d'être incomplet dans l'exposé de l'œuvre de notre maître, nous devons nous borner à signaler rapidement les principales.

Tout le monde sait que, à mesure qu'on s'élève sur les montagnes, la végétation se modifie. A de grandes hauteurs, elle devient misérable, pour dis-

paraître enfin. On crut longtemps que l'abaissement de température était la cause déterminante des caractères de la flore des hauts lieux. Personne ne s'était encore demandé si la pression barométrique ne joue pas un rôle dans ces différences. Paul Bert, après avoir étudié son action sur les végétaux, vit que la diminution de pression s'oppose à la végétation et à la germination, et qu'elle tue les végétaux au même degré qu'elle tue les animaux à sang froid. Ses recherches lui apprirent également qu'à partir d'une certaine compression la germination est ralentie et, qu'à une pression plus élevée, certaines graines meurent et ne peuvent plus se développer quand on les ramène à la pression normale.

L'oxygène à haute tension devient, comme nous l'avons vu plus haut, un poison pour l'homme et les animaux. Paul Bert se demanda s'il exercerait la même action sur les êtres microscopiques. Les belles recherches de M. Pasteur sur la fermentation avaient mis en lumière ce fait important que les phénomènes de fermentation sont de deux ordres. Les uns corrélatifs au développement d'êtres microscopiques vivants : ce sont les fermentations vraies ; les autres dépendant de l'action de substances solubles non figurées : ce sont les fermentations diastasiques. Paul Bert vit que l'oxygène en tension arrêtait net le développement des premières, tandis qu'il restait sans effet sur les secondes. La

putréfaction, la coagulation du lait, l'altération de l'urine, la fermentation alcoolique et acétique régulière, le développement de la fleur du vin et des moisissures, etc., sont arrêtés complètement par l'oxygène suffisamment comprimé. Les fermentations sont tuées, et le retour à la pression normale laisse intactes les substances fermentescibles employées, si l'on empêche l'accès des poussières de l'air.

Avec son ingéniosité habituelle, Paul Bert venait de trouver, dans l'emploi de l'oxygène, une nouvelle méthode expérimentale. Grâce à cette méthode, il devenait facile de savoir si un phénomène donné appartient à la classe des fermentations par organisme, auquel cas l'oxygène en tension l'empêchera de se produire; ou s'il est dû à une fermentation diastasique ou à une simple oxydation.

Des applications précieuses devaient en être tirées par lui pour l'étude des venins, des virus, du blettissement et de la maturation des fruits.

Les conséquences des recherches de Paul Bert sur la pression barométrique étaient considérables à tous les points de vue et surtout à celui de l'histoire naturelle générale. Un dernier exemple suffira pour le démontrer : Aux premiers âges de notre planète, l'atmosphère étant plus haute et plus riche en oxygène, la pression sur la surface de la terre devait être beaucoup plus forte qu'aujourd'hui. Or, il est inexact d'enseigner, comme on le fait d'ordi-

naire, que les végétaux ont dû apparaître sur la terre avant les animaux, afin de purifier l'air de la grande quantité d'acide carbonique qu'il contenait. En effet, la germination, même celle des moisissures, ne se fait pas dans l'air assez chargé d'acide carbonique pour être mortel aux animaux à sang chaud.

Il est tout aussi inexact d'expliquer l'antériorité des reptiles par l'impureté de l'air souillé de trop d'acide carbonique ; les reptiles, en effet, redoutent ce gaz plus encore que les oiseaux, et surtout que les mammifères.

L'œuvre de Paul Bert marquait un tel pas dans les annales de la physiologie, que l'Institut lui fit l'honneur, en 1875, sur le rapport de l'Académie des sciences, de lui décerner le *grand prix biennal*. Ce prix est d'une valeur de 20,000 fr. Sa valeur morale se trouve dans les termes même du décret constitutif, qui déclare que cette récompense de premier ordre sera accordée, tous les deux ans, « à l'œuvre ou à la découverte qui ont le plus contribué à honorer ou à servir le pays. »





## CHAPITRE III.

### LA PHYSIOLOGIE DE LA RESPIRATION.

Lorsqu'en 1868, Paul Bert fut chargé de suppléer Flourens dans la chaire de physiologie comparée du Muséum, il choisit pour sujet de son cours : *La physiologie comparée de la respiration*.

Le plus grand désordre régnait dans cette partie de la science, et la tâche entreprise par le jeune professeur dut paraître audacieuse à ceux qui ne le connaissaient pas. Dès le début de ses leçons, Paul Bert révèle la puissance de son esprit inventif et créateur. Ne voulant rien enseigner qui ne fût rigoureusement vrai, ou craignant d'être exposé, par excès de confiance, à propager quelque erreur, il ne s'attarde pas au rôle de simple vulgarisateur.

Il reprend une à une toutes les expériences faites avant lui, vérifie toutes les explications, commente toutes les hypothèses. En soumettant les travaux

de ses prédecesseurs au contrôle de la méthode expérimentale, il éclaire d'une vive lumière un grand nombre de points jusqu'alors restés dans l'obscurité. Chemin faisant, il recueille une ample moisson de faits nouveaux, et plus on avance dans la lecture de ses leçons, réunies en un volume en 1870, plus on trouve la marque de sa puissante initiative.

Il se préoccupe d'abord de l'analyse des phénomènes chimiques de la respiration. Allant du simple au composé, il se rend compte du fait suivant : c'est que les différents tissus d'un même animal, exposés à l'air ou plongés dans du sang artériel, n'absorbent pas des quantités égales d'oxygène. Ainsi les muscles en absorbent plus que les centres nerveux, les reins plus que la rate, etc... Les mêmes tissus, provenant d'animaux différents, ne consomment pas des quantités égales d'oxygène ; un muscle de chien en consomme plus qu'un muscle de lapin, celui d'un animal adulte plus que celui d'un animal nouveau-né. Il prouve, par une série d'expériences, que les tissus, pris isolément, sont doués de la faculté d'absorber et de brûler de l'oxygène, c'est-à-dire de la faculté de respirer.

Il fait ensuite ressortir le rôle du sang dans la respiration en démontrant, par des centaines d'analyses, que, chez le même animal, le sang artériel n'a pas, à tous les instants, la même richesse en

oxygène. Par exemple, à jeun, le sang est plus oxygéné que pendant l'état de digestion. La quantité de l'oxygène dans le sang varie selon l'âge, les espèces, les conditions de milieu. Curieux de connaître *la composition de l'air contenu dans les alvéoles pulmonaires* chez un animal vivant, Paul Bert y parvient par un procédé singulier. Il imagine d'extraire, par un vide soudain, tout l'air contenu dans les poumons de l'animal. Il s'assure ainsi que c'est en présence non d'un air pur, mais d'un air déjà vicié et chargé d'acide carbonique, que se font les échanges gazeux de la respiration.

La connaissance de ces faits devait rendre les plus grands services pour l'établissement de la théorie de la respiration. Depuis leur exposé, il a été admis sans conteste que cette fonction, chez l'homme et les animaux supérieurs, considérée à un point de vue d'ensemble, se compose de trois grands actes solidaires les uns des autres : 1<sup>o</sup> respiration des tissus ; 2<sup>o</sup> fonctions du sang comme véhicule des agents et des produits gazeux de la respiration des tissus ; 3<sup>o</sup> échanges gazeux du sang au niveau de la surface pulmonaire.

Tout le monde sait que l'air que nous chassons de nos poumons par l'expiration n'a pas la même composition que celui que nous y avons introduit par l'inspiration. L'air qu'on respire est habituellement composé de 21 pour 100 d'oxygène et de 77

pour 400 d'azote ; on n'y trouve que quelques traces d'acide carbonique. Au contraire, dans l'air expiré, on ne trouve plus que 15 pour 400 d'oxygène, et l'oxygène qui manque est remplacé par de l'acide carbonique. Ainsi, chaque inspiration a pour effet d'introduire dans votre organisme une certaine quantité d'oxygène qui se brûle dans nos tissus, et le résidu de cette combustion est exhalé sous forme d'acide carbonique.

C'est ainsi que les choses se passent tant que l'homme ou l'animal se trouve dans un air pur. Mais quand il est enfermé dans un local où l'air ne se renouvelle pas, l'oxygène diminue de plus en plus et finit par être entièrement remplacé par de l'acide carbonique. À mesure que la proportion d'oxygène s'abaisse, la gène respiratoire augmente et la mort survient par *asphyxie*.

L'histoire émouvante de la mort des troupes anglaises asphyxiées sur le vaisseau de transport *Maria Somes*, en 1846, des passagers du steamer *Londonderry*, en 1846, des prisonniers de la *prison noire* de Calcutta, revient à l'esprit toutes les fois qu'il est question des dangers de l'air confiné.

Paul Bert voulut connaître *les causes intimes de la mort par asphyxie*. L'examen de l'air dans lequel meurent les animaux confinés lui montra que les oiseaux ne laissent dans l'air où ils succombent que 2 à 5 pour 400 d'oxygène, et que les mammi-

fères, surtout les rongeurs, en laissent moins encore. Les reptiles ne meurent qu'après avoir épuisé tout l'oxygène.

En voyant les animaux périr quand la proportion d'acide carbonique est devenue trop considérable, on crut longtemps que ce gaz agissait comme un poison. Après de nombreuses expériences, dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, Paul Bert arrive à ces conclusions : 1<sup>o</sup> dans l'asphyxie des animaux à sang chaud, la privation d'oxygène est tout, l'acide carbonique ne jouant presque aucun rôle ; 2<sup>o</sup> au contraire, dans celle des animaux à sang froid, des reptiles, c'est la pression en excès de l'acide carbonique qui tue.

Dans la mort naturelle, quelle qu'en soit la cause, le sang, pris dans son ensemble, est privé de tout son oxygène ; de là cette opinion de Paul Bert, dont l'énoncé parut paradoxal à quelques physiologistes, que « l'on meurt toujours d'asphyxie. »

Fidèle à son habitude de ne jamais abandonner un sujet avant de l'avoir complètement approfondi, il étudie successivement toutes les formes d'asphyxie. On avait en vain, depuis longtemps, cherché à expliquer *la résistance de certains animaux à l'asphyxie par submersion*. Parmi ces animaux, les canards se placent certainement au premier rang, puisqu'on a pu en tenir sous l'eau pendant seize minutes avant de les voir succomber, tandis qu'il

ne faut que trois ou quatre minutes pour noyer un poulet. Paul Bert ne pouvait mieux faire que de prendre le canard et le poulet, ces deux volatiles d'aptitudes si différentes, comme types de comparaison. Il ne tarda pas à deviner que la résistance plus grande du canard à la noyade était due simplement à ce qu'il possède une plus grande quantité de sang. Ainsi, à poids égal, un canard contient environ une moitié de plus de sang qu'un poulet.

Il reconnut aussi que le sang du canard absorbe un peu plus d'oxygène. La résistance à la privation d'air s'explique donc par la grande quantité de sang qui constitue comme un *magasin d'air combiné*.

En examinant les poumons d'animaux morts par submersion, il s'était demandé si l'eau qu'on y trouve y est attirée par aspiration. Il arriva à reconnaître que, par suite de la suppression de la volonté, surviennent, à un moment donné, des mouvements respiratoires inconscients qui amènent l'eau dans les poumons. Mais en même temps, il constatait que cette eau s'y吸orbe avec une rapidité extraordinaire. De là découlait une application pratique pour le traitement des noyés : à savoir qu'il est nécessaire d'insister plus qu'on ne le fait habituellement sur les procédés qui, comme les frictions et le réchauffement, peuvent hâter l'absorption de l'eau entrée dans les poumons.

Nous ne suivrons pas Paul Bert dans ses expériences multiples, toutes plus curieuses les unes que les autres. Nous dirons simplement qu'il couronna ses études sur les phénomènes chimiques de la respiration en donnant l'explication scientifique de la *résistance des nouveaux-nés à l'asphyxie*, résistance due à la faible consommation d'oxygène de leurs tissus.

Restait à refaire l'étude du mécanisme de la respiration. Sur ce point, comme sur les précédents, l'intervention de Paul Bert eut pour effet de dissiper un grand nombre d'erreurs, d'autant plus tenaces que l'ancienneté de leur vulgarisation leur donnait force de loi. Ses observations prouvent que pour les animaux de groupes différents, il n'y a aucun rapport à établir entre la taille de ces animaux et la fréquence de leurs mouvements respiratoires.

Ayant aussi repris toutes les expériences sur la *contractilité du tissu pulmonaire*, il arriva aux résultats suivants : « 1<sup>o</sup> Le tissu pulmonaire est contractile chez les mammifères et chez les reptiles ; cette contractilité s'observe en galvanisant avec un courant induit, après avoir appliqué autour de la trachée et à l'extrémité opposée des poumons deux larges plaques métalliques qui servent de conducteurs ; 2<sup>o</sup> l'ascension manométrique que l'on observe alors n'est pas due à des contractions de l'œsophage, puisqu'elle se produit même lorsque les

poumons ont été extraits du thorax et qu'on a séparé le cœur de l'œsophage. Ces contractions sont sous la [dépendance du nerf pneumogastrique. »

Parmi ses principales communications, nous signalerons encore les suivantes : *Sur la capacité pulmonaire de divers vertébrés à sang chaud.* — *Influences de certaines conditions sur le rythme respiratoire.* — *Sur le mécanisme de l'expiration.* — *Influence des mouvements respiratoires sur la pression intra-abdominale.* — *Sur le cri et le chant.* — *Du dernier soupir.* — *Sur l'élévation des côtes inférieures par la contraction du diaphragme, etc., etc.* Nous citerons, en terminant, sa longue et consciencieuse étude faite à l'aide de la méthode graphique, *sur les mouvements respiratoires chez les animaux vertébrés.*

On nous pardonnera de ne pas insister davantage.

Vouloir donner une analyse complète des travaux de Paul Bert sur la respiration, serait entreprendre une tâche sans limites, car son nom domine toute la physiologie de cette importante fonction.

En voyant la passion avec laquelle il en poursuit si longtemps l'étude, ne semble-t-il pas que cette partie de la physiologie ait été le champ expérimental qu'il ait le plus affectionné ? Il est vrai qu'il lui avait dû ses premiers succès de professeur et

que nos joies les plus pures se rattachent toutes à cette période de la vie où nos rêveries enthousiastes ne sont troublées par la prévision d'aucune amer-tume et d'aucune désillusion.







## CHAPITRE IV.

### PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE & PHYSIOLOGIE COMPARÉE

« La Physiologie générale, a dit Claude Bernard, est la partie de la science physiologique qui a pour objet de déterminer les conditions élémentaires des phénomènes de la vie. Il n'y a pour elle ni mammifères, ni oiseaux, ni animaux à sang chaud, ni animaux à sang froid. »

On voit, par cette définition, que les fondements généraux de la Physiologie ne peuvent s'établir qu'à la suite de comparaisons entre des faits constatés par l'observation ou des faits provoqués par l'expérience. C'est sous le titre de *Physiologie comparée* qu'on range tous les faits étudiés isolément chez divers animaux, et dont la comparaison permet de réaliser, dans la série animale, l'idée générale des diverses fonctions qui président au développement des êtres vivants.

: En Physiologie générale, Paul Bert partageait les idées de Claude Bernard. Pour lui, comme pour son maître, l'indépendance de la vie chimique de chaque élément anatomique constituait un fait fondamental. Mais il croyait aussi que ces éléments anatomiques, tout en vivant chacun par eux-mêmes, ne vivent pas exclusivement chacun pour lui-même.

C'est en ces termes qu'il faisait comprendre les relations réciproques de ces éléments : « Citoyens innombrables de la république vivante, ils ont bien chacun leur indépendance, mais ils sont liés les uns aux autres par un pacte social auquel il faut être fidèle sous peine de mort. Aussi bien, si l'un d'eux, je veux dire, si toute une catégorie vient à manquer, la dissolution sociale, la mort, surviennent aussitôt. Réciproquement, chaque catégorie rend un ordre spécial de services à la communauté entière. »

Ces paroles n'étaient pas l'expression d'une simple vue de l'esprit. Paul Bert appartenait trop à cette école positiviste, à laquelle la science doit tant de services, pour se perdre dans des considérations inutiles. Il n'avait pas seulement succédé à Claude Bernard dans sa chaire, il lui avait succédé dans l'accomplissement de son œuvre, et il appliquait à ses recherches, dans toute leur rigueur, les règles de la méthode expérimentale. Comme son maître, il se cantonnait scrupuleusement dans les limites des faits d'observation et d'expérience, sans aller

plus loin que leurs conséquences les plus prochaines. Il repoussait également tous les systèmes de philosophie, n'admettant pas l'épithète de matérialiste et encore moins celle de spiritualiste. C'est avec un malin plaisir qu'il démontrait aux psychologues qu'un grand nombre de nos idées isolées ou même associées, et par conséquent de nos jugements, tirent fatallement leur origine d'impressions venues soit de la surface du corps, soit de la profondeur des organes.

Par l'exposé de ces arguments, il prouvait qu'il attribuait peu d'étendue au pouvoir de ce qu'on a appelé le *libre arbitre* et que la notion même de ce libre arbitre lui paraissait contestable.

Il avait faite sienne la doctrine désignée si heureusement par Claude Bernard sous le nom de *Déterminisme*. Cette doctrine enseigne que si les conditions de la manifestation des phénomènes vitaux sont infiniment multiples, complexes, difficiles à saisir, à rassembler, à dominer expérimentalement, elles n'en sont pas moins sûrement liées à ces phénomènes. En un mot, d'après cette doctrine, il faut toujours chercher l'explication des phénomènes dans des rapports matériels, nettement déterminés, sans qu'aucun élément étranger, extra-naturel, sans que nul *quid dictinum* puisse être invoqué pour l'explication des apparentes irrégularités que présentent spontanément ces phénomènes.

Un matin, comme il entrait au laboratoire du Collège de France, Claude Bernard, le voyant ôter son pardessus, lui dit en souriant : « Laissez votre imagination avec votre paletot au vestiaire, mais reprenez-la en sortant. » Paul Bert n'avait jamais oublié ce conseil et il semblait y avoir conformé sa vie scientifique. Dès qu'il avait appliqué son esprit à la poursuite et à la réalisation d'une idée, aucune préoccupation extérieure ne pouvait plus l'en distraire. Il se trouvait ainsi en possession de tous ses moyens d'action, et faisait preuve d'une sûreté de vue et d'une perspicacité qui ont fait l'étonnement de tous ceux qui l'ont approché. C'est ce qui explique comment, dans l'étude de tant de sujets différents, il a toujours mis en évidence des faits nouveaux auprès desquels bien d'autres étaient passés sans les apercevoir.

De toutes les branches des sciences biologiques, la Physiologie comparée est celle qui présente le plus d'écueils. C'est cependant là que Paul Bert a le mieux révélé son merveilleux esprit d'initiative.

Tous les chapitres qui précédent, et surtout celui qui a pour titre la *Physiologie de la respiration*, contiennent l'analyse de recherches qui se rattachent à la Physiologie comparée. Dans celui-ci, nous avons groupé les travaux épars qui ne rentrent dans aucune des grandes catégories dont nous avons parlé jusqu'ici. Un des plus connus est certaine-

ment son mémoire sur *le mécanisme et les causes des changements de couleur chez le caméléon.*

En tous temps, les changements de couleur de cet animal ont donné matière à des commentaires. Il n'est pas jusqu'aux poètes qui ne s'en soient mêlés. Dans une de ses fables, Lamothe, qui ne se piquait pas d'une vaste érudition scientifique, nous donne en quelques vers plats une idée de ce qu'on pensait au siècle passé :

— « Mais jugez la querelle  
 « Sur le caméléon ; sa couleur, quelle est-elle ?  
 « Monsieur veut qu'il soit *vert* ; moi je dis qu'il est *bleu*. »  
 — « Soyez d'accord, il n'est ni l'un ni l'autre, . . .  
 « Dit le grave arbitre, il est *noir* :  
 « A la chandelle, hier au soir,  
 « Je l'examinai bien, je l'ai pris, il est nôtre,  
 « Et je le tiens encore dans mon mouchoir..... »  
 Il ouvre le mouchoir, et l'animal sort *blanc*.

Tout le monde croyait alors que l'animal avait la faculté de prendre la couleur du fond sur lequel on le place. Le grave arbitre l'a vu noir, mais il l'a mis dans son mouchoir blanc, et alors que sûr de son fait il ouvre le mouchoir, le caméléon est devenu blanc. C'était là un préjugé populaire, en réalité dénué de fondement.

Dès 1834, M. Milne Edwards avait montré que la coloration de la peau du caméléon dépend du mélange variable de deux pigments cutanés, l'un super-

ficiel et fixe, l'autre profond et mobile, constitué par de petits corps colorés qui s'approchent ou s'éloignent de la surface de la peau : ces petits corps sont désignés sous le nom de *chromoblastes*. Il y a de ces corps qui sont noirs, d'autres rouges, d'autres jaunes ; il y en a peut-être de verts.

On avait déjà démontré que les changements dans la coloration de la peau du caméléon n'étaient pas dus à l'affluence plus ou moins grande du sang sous la peau, par un mécanisme analogue à celui qui se produit chez nous lorsque nous rougissons ou que nous pâlissons. L'interruption complète de la circulation par la ligature des gros vaisseaux n'avait pas empêché ces changements de couleur. Quelle était donc cette cause ? La perspicacité de Paul Bert lui révéla qu'elle résidait dans l'action directe de la lumière sur les corpuscules colorateurs de la peau. En effet, lorsqu'un caméléon est exposé à la lumière solaire, sa couleur prend un ton plus foncé : de vert-pomme, il devient vert-bouteille ; de couleur bois, il devient brun.

A l'aide de quelques expériences d'une grande simplicité, il mit le fait en évidence. Voici la description qu'il nous donne de l'une d'elles :

« Sur le dos d'un caméléon qui dormait dans l'obscurité et avait pris une teinte jaune grisâtre, habituelle en ces circonstances, je plaçai avec précaution une sorte de selle en papier découpé ; puis j'appro-

chai de l'animal, et sans le reveiller, une lampe ordinaire. Sa peau devint très rapidement d'un brun foncé ; enlevant alors le papier protecteur, je vis que les parties sous-jacentes avaient gardé leur premier aspect. »

Une autre expérience, non moins simple, lui permit de démontrer que ce sont les rayons les plus réfrangibles du spectre qui produisent cette action excitatrice des chromatophores. Il prit un caméléon éveillé, devenu vert-pomme dans l'obscurité, et le mit soudain au soleil, la partie postérieure du corps placée derrière un verre blanc et l'antérieure derrière un verre rouge. Cette seconde partie resta longtemps avec sa teinte primitive, tandis que l'autre était devenue presque instantanément vert-bouteille.

La lumière agissait donc directement sur des organes contractiles sans intervention des sensations visuelles. Cependant, si l'on enlevait l'œil d'un caméléon, tout le côté correspondant du corps ne changeait presque plus de couleur.

La destruction d'un des hémisphères cérébraux arrête de même les changements de couleur du côté opposé à la lésion, ce qui prouve qu'il y a aussi une action directe de l'hémisphère.

Un certain nombre d'expériences lui permirent de formuler d'autres conclusions d'un grand intérêt, dont la principale était de faire ressortir que le libre

accès de la lumière sur la surface du corps est une des conditions importantes de notre existence.

A l'appui de son dire, il rappelait l'opinion des vieux médecins, qui ne craignaient pas de recommander de laisser les enfants malingres exposés presque nus au grand air, à la pleine lumière, et il pensait que cette pratique utile tirait ses avantages au moins autant de l'action de la lumière que de celle de l'air.

Paul Bert s'était aussi posé la question suivante : *tous les animaux voient-ils les mêmes rayons lumineux que nous ?*

Il s'agissait de savoir s'ils voient toutes les couleurs que nous voyons, s'ils n'en voient que quelques-unes, ou si, plus heureux que nous, ils en aperçoivent qui nous sont inconnues. Le problème était complexe, difficile à résoudre et sa solution intéressante au premier chef.

Il commence par constater qu'il n'y a pas d'animaux *lucifuges*, c'est-à-dire complètement ennemis de la lumière. Tous vont à la lumière et tous la fuient selon qu'elle est plus ou moins intense. Ainsi, si l'on place des limaces grises, des blattes, des ténébrions, tous animaux dits lucifuges, dans une boîte complètement obscure, sauf dans un coin où une très petite ouverture laisse passer un faible rayon de lumière, ils se dirigent bientôt vers celle-ci ; mais une forte lumière les fait fuir, comme nous

fuyons nous-mêmes les rayons d'un soleil trop ardent.

Il expérimenta ensuite sur de petits crustacés d'eau douce, les *daphnies puces*. Il en mit plusieurs centaines dans une cuve transparente remplie d'eau. Quand l'obscurité était complète, elles se promenaient toutes au hasard dans la cuve. Mais si, par une fente, on faisait passer dans la cuve un rayon de la région rouge du spectre, aussitôt toutes les daphnies s'ébranlaient et se dirigeaient en hâte vers la fente éclairée. Si on faisait tomber sur la cuve un spectre tout entier, mesuré de telle sorte que de chaque côté il restât un espace obscur, les daphnies s'empressaient de se disputer l'espace éclairé. Elles se plaçaient surtout dans le jaune, puis dans le vert, puis dans l'orangé-rouge, enfin dans le bleu et le violet. Elles se dispersaient, selon la comparaison si pittoresque de Paul Bert, comme le ferait une troupe d'hommes qui essaieraient de lire à la lueur d'un spectre solaire immense. Tous s'efforceraienr de se placer dans le jaune et les moins favorisés seraient seuls réduits au violet.

La conclusion générale de ces expériences était que les animaux voient tous les rayons lumineux et ne voient que ceux que nous voyons nous-mêmes.

Le résumé succinct des expériences qui précèdent montre assez l'ingéniosité dont il faisait preuve dans

ses recherches sur la Physiologie comparée. Malgré l'intérêt présenté par les nombreux travaux de Paul Bert sur cette partie de la science, nous sommes obligés d'y renvoyer le lecteur. Voici d'ailleurs l'énumération de ses principales communications :

*Sur le mécanisme de la projection de la langue chez le caméléon* (1874). — *Respiration cutanée des batraciens dans l'eau* (1864). — *Sur le développement des œufs de grenouille à l'air libre, sans eau* (1864). — *Sur la respiration des jeunes hippocampes dans l'œuf* (1867). — *Note sur quelques points de la physiologie de la lamproie marine* (1866). — *Sur la physiologie de l'amphioxus* (1867). — *Sur la locomotion chez plusieurs espèces animales* (1866). — *Reproduction des parties enlevées chez certains animaux* (1867). — *Mémoire sur la physiologie de la sèche* (1867). — *Sur la prétendue action des crochets des ailes des papillons nocturnes* (1876). — *Sur le ganglion nerveux thoracique des araignées* (1878). — *Sur les appendices dorsaux des Eolis* (1867).

Parmi ces travaux, le mémoire sur la sèche, à cause de son volume et surtout à cause des nombreux faits nouveaux qu'il mettait en lumière, mérite une mention spéciale.

Toutes les fonctions de la sèche : la digestion, la circulation, l'innervation y sont étudiées avec un soin minutieux.

Le sang de la sèche fut surtout l'objet des recherches expérimentales de Paul Bert. Ce sang qui est blanc, légèrement bleuâtre, tant qu'il est contenu dans les vaisseaux de l'animal, prend, dès qu'il est au contact de l'air, une belle teinte bleu de ciel. Paul Bert constata que ce changement de couleur est du au sérum, qui est donc, contrairement à ce qui se passe chez les vertébrés, le siège de l'absorption oxygénée respiratoire.

Il vit aussi que la *phosphorescence* qui survient peu de temps après la mort de l'animal est limitée seulement à quelques organes.

Dans ce chapitre, nous devons encore citer quelques communications, qui ne s'y rattachent pas directement, mais que leur importance ne nous permet pas d'oublier :

*Sur les erreurs d'imitation des couleurs quand on les regarde à travers un milieu coloré* (1878). — *Sur la conservation des propriétés virulentes de certains sanguis charbonneux, après un séjour soit dans l'oxygène, soit dans l'alcool* (1876). — *Sur l'origine du virus rabique* (1878). — *Sur la résistance des mammifères nouveaux-nés à l'action de certains poisons* (1869). — *Mémoire sur l'action physiologique de l'acide phénique* (en collaboration avec le docteur Jolyet, 1869). — *Sur l'injection d'air dans les veines* (1873). — *Sur la théorie des peptogènes de M. Schiff* (1869). — *Sur l'origine du sucre de lait* (1878). —

*Sur le maximum de taille que puissent atteindre les animaux vertébrés* (1878). — *Sur les variations de l'urée en rapport avec la nourriture* (1878). — *Sur les calculs phosphatiques fournis par une nourriture exclusivement végétale* (1878). — *Sur l'empoisonnement par les sels de magnésie* (1879). — *De l'action de l'eau oxygénée sur les fermentations* (en collaboration avec M. P. Regnard, 1880). — *Sur un appareil microphonique recueillant la parole à distance* (en collaboration avec M. d'Arsonval, 1879). — *Sur la nature de la rigidité cadavérique* (1881).

Sans compter un certain nombre de notes diverses qui ont pu nous échapper dans nos recherches.

Nous avons dit à plusieurs reprises que Paul Bert avait à son service une facilité de conception et une perspicacité remarquables, qui lui permettaient de voir d'un seul coup d'œil une foule de rapports qui eussent échappé à d'autres. Ces qualités avaient séduit M. le professeur Henri Bouley.

Après un de ses cours du muséum d'histoire naturelle, ce maître éminent nous racontait l'anecdote suivante : « Des anguilles avaient été apportées au laboratoire de la Sorbonne et on avait eu l'idée de chercher si elles pourraient vivre dans l'eau de mer. Quelques heures après avoir été plongées dans l'eau salée, elles étaient mortes. L'expérience, répétée un grand nombre de fois, donna toujours le

même résultat. Un physiogiste distingué, frappé de ces faits, en tira la conclusion que la mort des anguilles était due à un empoisonnement par les sels de l'eau de mer.

Un jour, Paul Bert voyant le garçon de laboratoire saisir avec un linge une des anguilles plongées dans le bassin, s'écria : « Je sais pourquoi vos anguilles meurent dans l'eau de mer, c'est parce que vous les essuyez avant de les plonger dedans. » Rien n'était plus vrai. Ce qui rend ces animaux difficiles à tenir, c'est la présence sur leur épiderme d'un mucus spécial qui le protège. Pour peu qu'une partie quelconque de la peau de l'anguille soit essuyée et dépouillée du mucus protecteur, l'animal ne peut plus vivre dans l'eau de mer. Au contraire, les anguilles transvasées avec soin y vivent indéfiniment.

C'est ainsi que Paul Bert, des faits les plus simples savait tirer les déductions vraies, qu'une expérimentation rigoureuse venait toujours confirmer.

Au commencement de ce chapitre, nous montrions, par l'exposé de ses idées philosophiques, que Paul Bert avait peu de goût pour les idées abstraites. Mais, s'il dédaignait la métaphysique, en revanche il se livrait volontiers à des études de psychologie expérimentale.

En 1868 un médecin américain, le Dr Lombard,

avait prétendu que la température de la tête s'élève toutes les fois que l'on se livre à un travail mental. Il annonçait même qu'il avait mesuré cette élévation de température au moyen d'appareils thermo-électriques d'une grande sensibilité.

Retenant ces expériences avec le plus grand soin, et les appliquant à sa propre personne, Paul Bert, après s'être entouré le crâne de plaques thermo-électriques, arriva à démontrer que les régions gauches de la tête ont une température plus élevée que celles de droite et que, lors du travail intellectuel, il y a une élévation de température en faveur du lobe gauche.

Enfin, après vérification, il formulait la conclusion suivante :

« Pendant le discours, la température frontale gauche s'élève ; cette élévation de température s'observe aussi pendant le travail mental, mais moins sensiblement quand la phonation intervient ; de plus, chez l'enfant qui s'éveille, la température s'élève : ce dernier point peut éclaircir la théorie du sommeil. »

Par ces expériences, Paul Bert montrait qu'il liait indissolublement dans sa pensée les phénomènes intellectuels avec la matière cérébrale ; il prouvait aussi qu'il était physiologiste dans le sens le plus large du mot et que rien de ce qui intéresse l'être vivant ne lui était étranger.





## CHAPITRE V.

### ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Le titre que Paul Bert revendiquait le plus hautement était celui de physiologiste. Mais il ne faut pas oublier qu'il était en même temps anatomiste et naturaliste. On comprendrait d'ailleurs difficilement qu'un savant puisse avoir l'idée d'étudier le jeu et le fonctionnement des organes avant d'en connaître la structure intime et la conformation extérieure.

Bien qu'il ne cessât de réclamer pour la Physiologie une place distincte, un enseignement à part et des moyens d'action spéciaux, il était le premier à proclamer devant ses élèves la nécessité de connaissances étendues en Anatomie et en Zoologie. « Si le physiologiste, disait-il dans un de ses cours, n'a pas au moins ces connaissances comme des armes toutes prêtes, non seule-

ment il ne pourra que rarement attaquer le problème fondamental, mais il lui faudra une bien grande force d'esprit pour en comprendre l'étendue. » Et il complétait sa pensée par ces mots : « S'il m'était permis d'employer une comparaison, je dirais que l'Anatomie et la Zoologie ouvrent pour ainsi dire au physiologiste le musée de la nature. »

Paul Bert joignait l'exemple au précepte. A Bordeaux, il consacrait tous les loisirs que lui laissait l'enseignement de la Zoologie à des recherches originales sur l'Anatomie comparée. Il avait même installé, à ses frais personnels, un petit laboratoire d'études maritimes. C'est là qu'il signale le premier la présence de l'*Amphioxus lanceolatus* sur les côtes océaniques de France. En voyant cet animal émettre spontanément des spermatozoïdes mûrs, il put le considérer comme ayant acquis sa forme définitive.

Dans un second travail sur l'anatomie de l'*Amphioxus*, il fait sur cet animal les observations les plus singulières. En amputant l'extrémité du corps d'un *Amphioxus* il constate non seulement que la plaie ne se cicatrice pas, mais encore que les tissus se dissocient de proche en proche. « Certains de ces animaux, dit-il, furent rongés jusqu'au milieu de la région brachiale et vécurent ainsi, sans intestins, sans parois abdominales, sans branchies, pendant plusieurs jours. »

La plupart des travaux de Paul Bert sur l'Anatomie comparée et la Zoologie se trouvent naturellement au début de sa carrière. Ses communications de 1862 à 1867 se trouvent dans les comptes-rendus de la Société Philomathique, de la Société de Biologie et de la Société des Sciences de Bordeaux. Nous devons nous borner à énumérer les principales :

*Observations sur l'anatomie du Phoque* (1862). — *Anatomie du système nerveux de la Patelle* (1862). — *Sur les affinités de la classe des reptiles vis-à-vis celle des oiseaux* (1865). — *Sur quelques points de l'anatomie de l'oiseau appelé Fou-de-Bassan* (1865). — *Sur la membrane du vol du Phalanger volant* (1866). — *Sur la présence dans la peau des Holothuries d'une matière insoluble dans la potasse caustique et l'acide chlorhydrique concentré* (1866). — *Sur le sang des divers animaux invertébrés* (1867). — *Mesures prises sur un jeune Gorille en chair* (1868).

A un certain moment l'étude de l'Embryogénie dut le tenter, car on trouve dans les mêmes comptes-rendus des communications assez nombreuses sur des monstruosités diverses. Nous citerons parmi elles les suivantes :

*Œuf de poule complet, inclus dans un autre œuf complet* (1862). — *Sur un cas de monstruosité triple (genre triparagnathie)* (1863). — *Sur deux poulets*

déradelphes (1863). — Sur une monstruosité présentée par une Patelle (1864). — Sur un monstre double de la famille des Monosomiens (1864). — Sur un monstre humain double vivant, connu sous le nom de Millie-Christine (1873).

L'analyse de ces travaux si divers, malgré l'intérêt qu'ils présentent, nous conduirait trop loin. Nous ne pouvons cependant passer sous silence le résultat d'une étude, communiquée en 1881 à la Société de Biologie, sur la distribution des racines motrices du plexus lombaire dans les muscles du membre inférieur. Des expériences sur le chat et le chien instituées par Paul Bert, en commun avec M. Marcacci, démontrent que les filets moteurs émanés de la moëlle épinière à un niveau donné, se distribuent à des masses musculaires synergiques et concourent ainsi à un mouvement associé.

Un second résultat, non moins important, était de démontrer que l'unité anatomique du muscle n'a pas de correspondant dans l'ordre nerveux. Ainsi la masse musculaire du biceps crural se divise fonctionnellement pour servir à la flexion, d'une part, et à l'extension d'autre part. Or, la distribution nerveuse est en rapport avec la fonction, en ce sens que ce sont les racines différentes qui commandent des parties fonctionnellement différentes.

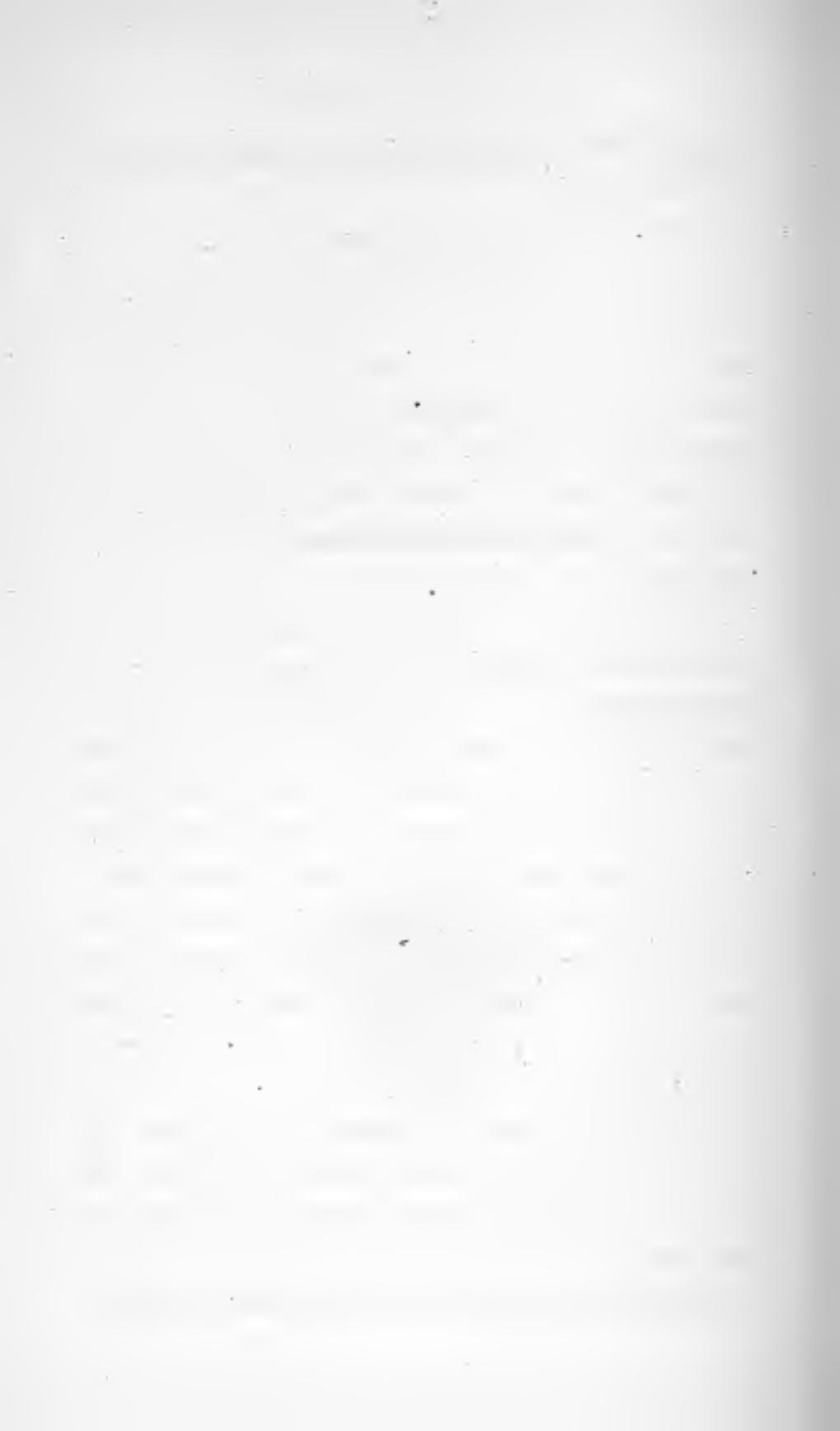
C'est en faisant toutes ces recherches personnelles que Paul Bert avait compris le rôle que

l'enseignement des sciences naturelles doit jouer dans l'éducation.

En effet, en exerçant les sens de l'enfant, en lui apprenant que les faits naturels ne sont pas livrés au hasard et qu'ils sont soumis à des lois fixes, leur étude constitue la méthode la plus efficace pour fortifier leur esprit et établir la rectitude de leur jugement. Et pour qu'on ne pût se méprendre sur son opinion à ce sujet, Paul Bert avait pris soin de le formuler dans les termes suivants, qui méritent d'être rapportés :

« Les sciences peuvent seules enseigner la non-créduité sans enseigner le scepticisme, ce suicide de la raison. »







## CHAPITRE VI.

### PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

Avant que sa nomination comme successeur de Claude Bernard eût déterminé d'une façon définitive la direction de ses recherches expérimentales vers la Physiologie animale, Paul Bert s'était appliqué, avec une égale ardeur, à l'étude de toutes les sciences naturelles. Il avait tenu à acquérir en botanique les connaissances les plus étendues. C'est ce qui lui permit d'entreprendre avec la plus grande compétence son travail, rempli de considérations si judicieuses et si originales, sur les *Mouvements de la Sensitive*.

Il commença ses observations à Bordeaux, et ses deux premiers mémoires furent enregistrés, en 1866 et en 1870, par la Société des Sciences de cette ville.

Les modifications qui surviennent dans la dispo-

sition des feuilles de la Sensitive (*mimosa pudica*), lorsque la nuit survient ou simplement lorsqu'on la touche, n'avaient pas manqué d'exercer l'attention des observateurs. Quelques-uns, les moins coupables, s'étaient bornés à traduire en vers l'étonnement dans lequel les avaient plongés les pudeurs de cette plante singulière, et Voltaire le manifestait en ces termes :

Le sage du Faï, parmi ses plants divers,  
Végétaux rassemblés des bouts de l'Univers,  
Me dira-t-il pourquoi la tendre Sensitive  
Se flétrit sous nos doigts, honteuse et fugitive ?

Les excellentes manières de ce petit arbuste avaient enthousiasmé la muse du vertueux Delille, au point de lui faire dire :

Qui ne croit reconnaître une vierge craintive  
Dans cette délicate et tendre Sensitive,  
Qui, courbant sous nos mains son feuillage honteux,  
De la douce pudeur offre l'emblème heureux !

Si ces poètes avaient pour les écarts de leur imagination l'excuse de leur sentimentalisme, les botanistes, eux, n'étaient pas pardonnables d'avoir laissé insérer dans les traités classiques les erreurs les moins justifiées. Ils nous disaient, en effet, que si, lorsqu'on touche fortement les feuilles d'une sensitive, les folioles se ferment et les pétioles s'abaissent, il en est absolument de même pendant la nuit. C'est en effet ce que révèle une observation

trop superficielle faite sur la plante, le soir, avant de se coucher. Paul Bert, avec une patience infatigable, commença par se rendre un compte exact des mouvements naturels dont la plante peut être le siège aux différentes heures du jour et de la nuit. Il lui arriva de poursuivre son minutieux examen, de deux heures en deux heures, pendant *dix-sept nuits et dix-huit jours consécutifs*. Le premier fait évident c'est que quand on fait tomber par un choc les feuilles d'une Sensitive les pétioles en sont flasques, tandis qu'au contraire ils deviennent raides et résistants pendant l'abaissement dit nocturne.

Ses veilles ne tardèrent pas à lui apprendre que les auteurs qui l'avaient précédé avaient eu tort de décrire comme l'état nocturne des pétioles ce qui n'est, en réalité, que la fin de la période diurne. Dès la tombée de la nuit, les pétioles primaires commencent à s'abaisser et ce mouvement d'abaissement continue jusqu'à ce que l'inclinaison soit complète. Vers neuf ou dix heures du soir, ils se relèvent rapidement et atteignent vers minuit leur maximum de redressement, qu'ils conservent pendant plus d'une heure. A deux heures, ils recomencent à baisser et continuent ainsi jusqu'au lendemain soir.

Il avait d'abord été tenté d'attribuer la cause de l'impressionnabilité et de la motilité de la Sensitive à la présence de tissus contractiles spéciaux, ana-

logues aux éléments nerveux et musculaires des animaux. Il ne tarda pas à reconnaître qu'il s'agissait là de phénomènes d'ordre chimique et d'ordre mécanique. Les renflements qui se trouvent situés à la base des pétioles peuvent être considérés comme composés de ressorts faisant effort pour pousser la partie qu'ils meuvent du côté opposé à celui qu'ils occupent. Ce sont ces ressorts dont l'énergie et la puissance, en augmentant ou en diminuant alternativement, déterminent la position variable du pétiole aux divers instants de la nuit.

Paul Bert, en étudiant de près le mécanisme des mouvements de la Sensitive, put se convaincre qu'ils sont de deux sortes : 1<sup>o</sup> Des mouvements lents constituant ce qu'on appelle d'ordinaire l'état de sommeil et de veille de la plante ; 2<sup>o</sup> des mouvements brusques consécutifs à une excitation plus ou moins vive.

Il trouva aussi dans cette étude les principes d'une méthode nouvelle. C'est ainsi qu'il fut amené à se servir de la Sensitive « comme d'une sorte de réactif délicat pour analyser l'influence, sur les végétaux en général, de certaines circonstances extérieures dont les conséquences sont chez elle, en raison de son étonnante susceptibilité, des plus faciles à suivre ».

Les nombreuses expériences auxquelles il se livra dénotent toutes une sagacité et une ingénio-

sité merveilleuses. En poursuivant l'analyse des mouvements produits par la détente des ressorts que contient le renflement du pétiole primaire, il eut l'idée de comparer la température de cet organe à celle de la tige de la plante. L'aiguille du galvanomètre, mise en communication avec des éléments thermo-électriques convenablement disposés, lui prouva que pendant le mouvement normal et continue de la plante, le renflement moteur du pétiole primaire est toujours à une température inférieure à celle de la tige. Il se passe, dans cet organe de très faible volume, des phénomènes nutritifs qui consomment de la chaleur au lieu d'en produire. C'était le premier exemple constaté de ces phénomènes dans un organisme vivant. Il vit, au contraire, que les mouvements brusques provoqués par une excitation intérieure sont accompagnés de production de chaleur.

L'action de la lumière sur la production des mouvements de la Sensitive n'était pas douteux. C'est à Paul Bert qu'on doit d'avoir déterminé les règles positives de cette action.

Un botaniste éminent, de Candolle, avait déjà prouvé qu'on peut réveiller, au moyen d'une lumière artificielle intense, une plante endormie. Des fleurs fermées se sont entrouvertes sous l'éclat de lustres étincelants, comme elles l'eussent fait sous les rayons du soleil. Paul Bert, après avoir exposé

pendant quelque temps une Sensitive endormie (c'est-à-dire dont les folioles étaient complètement fermées) à une lumière énergique, avait pu replacer la plante dans l'obscurité avant que son apparence eût commencé à changer. Un observateur moins scrupuleux eût pu croire que la plante n'avait pas été impressionnée, mais lui, continuant son observation, constata que la plante se réveillait comme si on l'eût laissée à la lumière. L'action produite demandait seulement un certain temps pour se manifester.

Il soumit simultanément deux Sensitives pendant cinq jours de suite, l'une à un éclairage continu, l'autre à une obscurité complète de même durée. Il reconnut que dans le premier cas les feuilles s'immobilisent redressées au maximum de tension, tandis que dans le second elles s'immobilisent abaissées au minimum de tension; mais dans l'obscurité continue, les Sensitives ne tardent pas à périr.

Désireux de connaître l'action des différentes couleurs sur la végétation, Paul Bert plaça des Sensitives dans des espèces de lanternes munies de verres colorés. Son étonnement fut grand en voyant que dans la lanterne verte les plantes perdaient leur vitalité au bout de trois ou quatre jours. Il répéta l'expérience sur des plantes appartenant à tous les grands groupes végétaux, et toutes

celles qu'il plaça sous des châssis verts furent frappées de mort en quelques semaines. Il put en conclure que la lumière verte est presque aussi funeste pour les végétaux que l'obscurité. Au contraire, dans les lanternes colorées en rouge, jaune, bleu, violet, les *Sensitives* vivaient pendant un temps indéterminé. Elles grandissaient et poussaient de nouvelles feuilles. Il est juste de dire qu'elles prenaient dans ce milieu un aspect maladif et ne fleurissaient pas, sauf dans les lanternes jaunes. Suivant la couleur des châssis, l'aspect des plantes était considérablement modifié. Pour n'en citer qu'un exemple, les rayons bleus et violets ont pour effet, au bout d'un seul jour, d'étaler les folioles de la *Sensitive* et d'abaisser ses pétioles primaires. Les rayons jaunes et rouges, au contraire, font redresser les pétioles et ferment à demi les folioles. Dans les rayons bleus et violets, la *Sensitive* ferme ses folioles plus tard et se réveille plus tôt que dans les rayons rouges et jaunes. Il en est de même pour toutes les plantes. Les fleurs de Colchique d'automne s'ouvrent plus tôt le matin derrière les verres bleus que derrière les rouges.

Mais notre tâche serait trop considérable, si nous voulions signaler tous les aperçus intéressants que suggéra à Paul Bert cette action des diverses couleurs sur les végétaux. Nous devons nous borner à signaler quelques-unes des applications pratiques

qui découlent de ces recherches. La mort des plantes soumises à la lumière verte explique pourquoi sous le couvert des forêts la vie végétale s'entretient si difficilement : c'est parce que la couleur verte y domine.

Paul Bert ne manquait jamais, chaque fois qu'il en trouvait l'occasion, de vulgariser les conséquences les plus utiles de ses recherches sur l'action de la lumière. Il recommandait souvent aux jardiniers de ne pas employer pour leurs serres ou leurs châssis des verres colorés et surtout des abris et des vitrages de couleur verte. A l'appui de ses conseils il racontait le fait suivant : Dans une serre du Jardin des Plantes, vitrée d'un verre cannelé à teinte verdâtre très nette, les plantes se portaient mal, et la Vanille refusait de fleurir. Pendant le siège, un obus vint qui brisa tout : on remit des vitres blanches et depuis tout s'est porté à souhait. Dans la serre des Fougères, qui, faute d'un semblable accident, est condamnée à rester indéfiniment vitrée de ce verre cannelé, ces acotylédonés, bien moins impressionnables cependant que les autres végétaux, sont en assez mauvais état.

Ces premières recherches de Paul Bert sur la Physiologie végétale ne devaient être que le commencement d'une longue série. La Sensitive, cette plante d'une impressionnabilité si exquise qu'il peut lui donner le nom si caractéristique de *végétal*

à sang chaud, lui fournit un réactif puissant à l'aide duquel il aborde l'étude des problèmes les plus difficiles. C'est ainsi qu'il trouve d'abord la formule générale des mouvements spontanés des feuilles et des fleurs ; cette formule est celle-ci : Les organes des plantes se disposent pour passer la nuit de manière à perdre le moins possible par évaporation. Le vent, ce dessicateur par excellence, produit le même effet lorsque, par son souffle, il fait fermer la Sensitive.

Il démontre ensuite que la cause intime des mouvements des plantes est due à des phénomènes d'endosmose qu'il est le premier à analyser. Il fait connaître aussi le rôle prépondérant que joue la glycose dans la production de ces phénomènes.

L'étude des mouvements périodiques de la sensitive le conduit à celle de l'héliotropisme. L'héliotropisme est cette propriété singulière qu'ont certaines plantes de tourner constamment leurs feuilles ou leurs fleurs vers le soleil. On n'avait pas encore donné de ce fait une explication plausible. Paul Bert montre qu'il peut s'expliquer par l'action des rayons lumineux sur la glycose accumulée dans le renflement de ces plantes, ou tout au moins sur l'hydratation de cette glycose. Plus tard, il fait ressortir l'action élémentaire des diverses régions du spectre solaire sur la végétation et arrive à la conclusion suivante : c'est que les diverses régions du

spectre, en y comprenant de chaque côté un certain nombre de rayons invisibles, ont chacune une action particulière sur la végétation; que ces diverses actions se combattent dans une certaine mesure, et que leur ensemble, tel qu'il est réalisé par la lumière blanche, est absolument nécessaire à l'intégrité de la vie des plantes.

Quant à l'action si funeste des verres de couleur verte, il prouve qu'il faut l'attribuer à ce qu'ils absorbent la partie des rayons rouges du spectre qui, comme on le sait, est indispensable à la formation de la chlorophylle.

Enfin, en 1884, il complétait les expériences précédentes par une communication faite en collaboration avec M. P. Regnard, *sur les longueurs des ondes lumineuses et sur leur action chimique sur la chlorophylle*. Dans cette communication, il prouvait que de toutes les régions du spectre, celle qui possède à un plus haut degré le pouvoir de déterminer la chlorophylle et de faire reverdir les plantes étiolées, était la région rouge.

Avant son départ pour l'Indo-Chine, Paul Bert avait pu, grâce à sa connaissance si approfondie de la Botanique, acquérir en peu de temps les notions les plus précises sur la flore des pays qu'il allait explorer. Il espérait, dès que les soins de son administration lui en laisseraient le loisir, pouvoir vérifier, sur quelques-uns des végétaux exotiques

dont les propriétés particulières n'ont pas encore été étudiées, les expériences de Physiologie végétale dans lesquelles l'ingéniosité de son esprit s'était révélée avec tant d'éclat.

En terminant ce chapitre, nous ne pouvons résister au désir de rappeler un des services inattendus que Paul Bert devait tirer de ses études sur la Sensitive.

Dans le cours d'une visite qu'il rendit au roi du Cambodge, Norodom, celui-ci lui faisait admirer les mouvements d'énormes sensitives qui ornaient les abords de son palais. Il fut bien surpris en recevant de notre premier Résident au Tonkin l'explication de ces mouvements si surprenants. Il n'en fallut pas davantage pour conquérir l'estime et l'amitié d'un roi dont les sentiments n'avaient pas toujours été empreints d'une grande sympathie pour la France.





## CHAPITRE VII.

### LES ANESTHÉSIQUES.

Les travaux de Paul Bert sur la pression barométrique et la physiologie de la respiration auraient suffi pour immortaliser son nom. Mais malgré les préoccupations incessantes que lui donnait le mandat de député de l'Yonne, il ne pouvait éloigner son esprit de cette question, d'un intérêt si capital, qui a pour but de rendre inoffensif l'emploi des Anesthésiques.

De toutes les conquêtes qu'aït faites la médecine moderne, celle de supprimer la douleur pendant les opérations chirurgicales n'est assurément pas la moindre. Aujourd'hui il n'est pas un chirurgien qui n'ait fréquemment recours à l'un ou l'autre des procédés variés qui permettent de supprimer à la fois les souffrances et la résistance du patient.

Parmi les substances dont l'absorption a pour

effet d'éteindre momentanément la sensibilité se trouve le protoxyde d'azote. Les propriétés anesthésiques de ce gaz furent reconnues au commencement du siècle par Humphry Davy ; mais c'est seulement depuis quelques années qu'un grand nombre de chirurgiens l'ont employé pour pratiquer sans douleur des opérations de peu de durée, telles que l'avulsion des dents. Le chiffre des opérations dentaires qu'il a facilitées jusqu'à ce jour s'élève à plus de deux millions. La méthode des dentistes, qui consistait à administrer ce gaz à l'état pur, présentait quelques dangers, parce que les inhalations du protoxyde d'azote pur ne peuvent être prolongées pendant plus de deux minutes sans amener des symptômes d'asphyxie d'un aspect redoutable. Aussi les médecins américains, auxquels on doit l'introduction de ce procédé dans la pratique chirurgicale, ne pouvaient-ils faire, avec le protoxyde d'azote, des opérations de longue haleine qu'en produisant des anesthésies courtes, mais répétées, séparées par des phases de sensibilité.

Paul Bert, mettant à profit ses recherches sur la pression des gaz, parvint à tourner cette difficulté en employant un mélange des trois quarts de protoxyde d'azote et d'un quart d'oxygène et en faisant respirer ce mélange sous une pression barométrique légèrement augmentée. Il faisait ainsi pénétrer dans le sang de l'animal en expérience la quan-

tité d'oxygène nécessaire pour entretenir la respiration, et celle de protoxyde d'azote suffisante pour obtenir l'anesthésie. Les menaces d'asphyxie devaient être ainsi évitées.

Dans ces conditions, les chiens sur lesquels il expérimenait se trouvaient, en une ou deux minutes, après une phase d'agitation très courte, anesthésiés complètement. Bien que devenu profondément insensible à la douleur, l'animal en expérience continuait à respirer régulièrement. Son sang conservait sa couleur rouge et sa richesse en oxygène. Cet état pouvait durer des heures entières sans nul changement. Dès qu'on enlevait du museau de l'animal l'embouchure du sac qui contenait le mélange gazeux, il retrouvait la sensibilité. Dé-taché, il marchait librement et reprenait sa gaieté et toute sa vivacité.

Paul Bert était autorisé, par ces expériences faites sur des animaux, à recommander très vivement aux chirurgiens l'emploi du protoxyde d'azote sous pression, en vue d'obtenir une anesthésie de longue durée.

La seule difficulté d'application résidait dans l'installation de l'appareil employé. Mais dans les hôpitaux, où se font presque toutes les opérations graves, cette difficulté pouvait être facilement résolue.

Deux chirurgiens des hôpitaux de la ville de Pa-

ris, MM. Labbé et Péan, répondirent à l'appel qu'il adressait aux praticiens. La première opération fut faite par M. Labbé. Il s'agissait de l'extirpation d'un ongle incarné avec ablation de la matrice de l'ongle. La malade était une jeune fille de vingt ans, fort timorée et très nerveuse. L'opérateur et Paul Bert, secondés par M. Préterre, entrèrent dans une grande chambre de tôle, où la pression de l'air fut, en quelques minutes, augmentée de 0<sup>m</sup>17. La malade s'étendit sur un matelas et M. Préterre lui appliqua sur la bouche et le nez l'embouchure à soupapes qu'il employait habituellement pour l'inhalation du protoxyde d'azote pur. Le sac avec lequel elle communiquait était rempli d'un mélange de 85 parties de protoxyde d'azote avec 15 d'oxygène. En quinze secondes l'insensibilité et la résolution musculaire étaient obtenues. L'opération et le pansement se firent sans aucun mouvement de la malade, qui dormait du sommeil le plus calme. Au bout de quatre minutes tout était fini. L'opérée put se lever et regagner la voiture qui l'avait amenée.

Cette première opération, qui mettait si bien en relief l'instantanéité du sommeil obtenu par le protoxyde d'azote, fut suivie de beaucoup d'autres plus importantes, et par suite plus concluantes, telles que : ablutions de tumeurs, résections d'os et de nerfs, réductions de luxations. L'Anesthésie

idéale était-elle enfin découverte ? On eût pu le croire, si l'emploi du protoxyde d'azote sous pression n'eût pas nécessité l'installation d'appareils encombrants et coûteux. La découverte de Paul Bert n'en constituait pas moins un progrès des plus intéressants. Elle démontrait la supériorité du protoxyde d'azote sur les autres anesthésiques :

1<sup>o</sup> Par l'absence de la période d'excitation, parfois si dangereuse ;

2<sup>o</sup> Par la tranquillité qu'il donne au chirurgien, assuré que le dosage de l'agent anesthésique ne peut changer pendant l'opération et que par suite le malade n'a rien à craindre ;

3<sup>o</sup> Par le retour quasi instantané, même après vingt-cinq minutes d'anesthésie, à la sensibilité complète, si bien que l'on peut réveiller le malade à un instant quelconque de l'opération pour le rendormir aussitôt ;

4<sup>o</sup> Par l'absence presque générale des malaises, nausées, vomissements ;

5<sup>o</sup> Par son innocuité remarquable.

Ces avantages justifiaient pleinement l'entrée du protoxyde d'azote dans la grande chirurgie. Depuis lors un grand nombre d'opérations ont été faites à Paris, dans les deux hôpitaux de Saint-Louis et de Lariboisière, ainsi qu'à l'établissement du docteur Fontaine, par MM. Péan, Labbé, Rottenstein, etc. ; à Bruxelles, par M. Deroubaix ; à Genève et dans

plusieurs villes d'Allemagne. Elles ont toutes démontré la sécurité et l'efficacité de la nouvelle méthode. L'Université d'Edimbourg, en décernant à Paul Bert le grand prix de Thérapeutique, donna à ces travaux une consécration définitive.

D'ailleurs, de nombreux perfectionnements permirent de résoudre les difficultés résultant de la nécessité d'installer des appareils volumineux. Sur les indications de Paul Bert, le docteur Fontaine construisit une chambre mobile, d'une capacité de 30 mètres cubes, plus que suffisante pour contenir le personnel exigé pour toutes sortes d'opérations (fig. 5).

L'anesthésie par le protoxyde d'azote étant ainsi régularisée, Paul Bert songea à appliquer les mêmes principes à l'administration des autres anesthésiques.

Les premiers essais tentés pour endormir les patients avant l'opération, en leur faisant respirer des vapeurs d'éther sulfurique, ne remontent qu'à la fin de 1846. Dès que la nouvelle de cette découverte fut connue en France, Flourens se mit à étudier le mécanisme physiologique de l'éthérisation. C'est lui qui, le premier, analysa l'action de l'éther sur les centres nerveux. Mais, en même temps, frappé des graves conséquences que peut présenter l'abus de l'éthérisation, il faisait appel à la prudence des chirurgiens : « L'éther, qui ôte la dou-

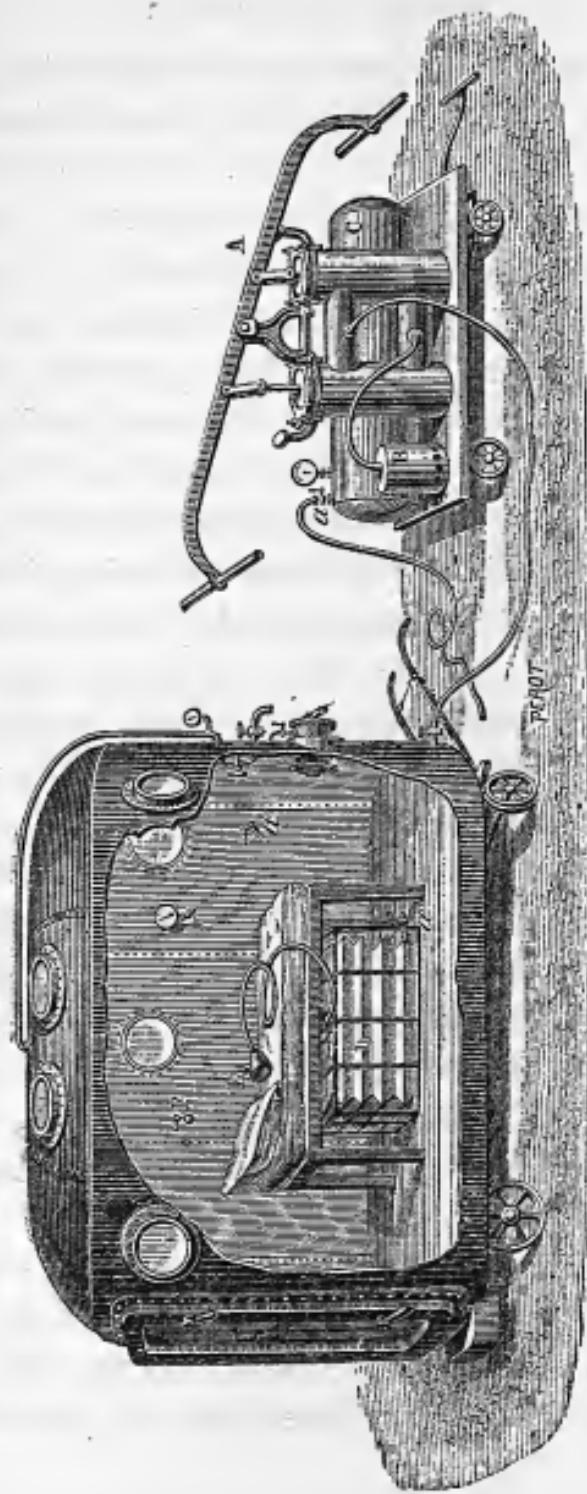


FIG. 5. — Chambre mobile pour l'administration du protoxyde d'azote sous pression.

leur, ôte aussi la vie, et l'agent nouveau que vient d'acquérir la chirurgie est à la fois merveilleux et terrible. »

Flourens, en étudiant l'action physiologique de l'éther, avait été conduit à se demander si d'autres liquides du même ordre ne produiraient pas des effets analogues. En faisant ses recherches il découvrit les propriétés anesthésiques du chloroforme, qui ne tarda pas à être expérimenté sur l'homme par Simpson, à Edimbourg. Depuis lors, le chloroforme a été utilisé par la plupart des chirurgiens.

On a signalé un certain nombre d'accidents résultant de l'emploi de cet agent anesthésique. Si nous en croyons M. Duret, il faudrait quadrupler et peut-être quintupler le chiffre des cas de mort connus pour arriver à une appréciation approximative, car nombre de cas ne sont pas publiés. Il est juste de reconnaître que, grâce à la vigilance des opérateurs, les malheurs imputables au chloroforme deviennent de plus en plus rares. Cependant, depuis Robert, qui disait : « le chloroforme est un danger parce que c'est une puissance, » les chirurgiens semblent avoir gardé les mêmes préoccupations.

« Je sais très bien, disait M. le professeur Verneuil dans la discussion de 1882 à l'Académie de Médecine, que lorsque je m'approche d'un malade avec la compresse de chloroforme, je fais naître

pour lui des chances de mort. » M. Trélat déclarait également que dans le même cas il était pénétré de la responsabilité qu'il assumait. Et M. Rochard résumait clairement le débat en ces termes : « La question de vie ou de mort est toujours posée quand on a recours aux anesthésiques. »

Paul Bert avait commencé, dès 1866, avant son départ de Bordeaux, à analyser l'action élémentaire des anesthésiques. Dans ce premier travail il démontrait que l'agitation produite dans l'empoisonnement ou l'anesthésie des animaux par le chloroforme et par l'éther, tient incontestablement à leur action irritante sur les muqueuses oculaire, nasale, buccale et surtout glottique. « En effet, écrivait-il, ouvrons la trachée d'un lapin, fixons-y un tube de verre muni d'une petite ampoule, et, laissant l'animal en pleine liberté, introduisons dans l'ampoule de petits morceaux d'ouate imbibés de liquide anesthésique. Si l'acte respiratoire n'est pas gêné, on voit l'animal s'arrêter d'abord dans sa marche, s'accroupir, puis s'endormir tranquillement en devenant complètement insensible. Il ne présente, en cette circonstance, aucune excitation. Il n'existe donc point, dans l'intoxication anesthésique, de véritable période d'excitation ; l'irritation due au contact du chloroforme avec les muqueuses est la cause principale de l'agitation manifestée par les animaux soumis à son inhalation. »

Ces remarques étaient justes. Elles furent le point de départ d'une série d'observations dont nous ne pouvons donner qu'un résumé succinct.

Lorsqu'on ajoute à l'air, en proportion croissante, des vapeurs ou des gaz doués de propriétés anesthésiques, et qu'on fait respirer à un animal ces mélanges successifs, il arrive un moment où l'anesthésie apparaît. Si l'on augmente encore la proportion de la substance médicamenteuse, l'animal finit par mourir. Paul Bert désigna sous le nom de *zone maniable* l'intervalle compris entre la dose anesthésique et la dose mortelle, et entreprit de déterminer les limites de cette zone pour chaque agent.

Des expériences furent faites sur le chien, la souris, le moineau, avec le chloreforme, le bromure d'éthyle, l'amylène, l'éther et le chlorure de méthyle. L'animal respirait dans un vase clos où le mélange de l'agent anesthésique avait été fait à l'avance; la capacité du vase était assez grande pour qu'il ne pût survenir de complications asphyxiées.

Paul Bert reconnut que, dans tous les cas, la dose mortelle était précisément le double de la dose anesthésique. Il ne lui restait plus qu'à déterminer les doses des mélanges titrés qui conviennent à l'homme. Ce fut facile. Pour provoquer chez un malade une anesthésie de longue durée, qui soit

exempte de danger, il suffit de lui faire respirer un mélange de 8 grammes de chloroforme vaporisés dans 400 litres d'air, mélange préparé dans un gazomètre. Les avantages de cette méthode, opposée au procédé qui consiste à tenir sous le nez du patient une éponge ou un linge imbibé de liquide volatil, sont inappréciables.

Le premier de tous, c'est que le mélange n'est pas désagréable à respirer ; quelques malades le trouvent bon. En second lieu, il supprime la période d'excitation, même chez les alcooliques. L'insensibilisation complète est produite en six ou huit minutes. Elle se maintient très régulièrement pendant la durée de la respiration du mélange anesthésique.

La section de la peau ou des nerfs, les sciages des os, en un mot les temps les plus douloureux des opérations ne réagissent pas sur le pouls, qui reste calme et régulier pendant le sommeil.

Enfin, au réveil, on n'observe ni les nausées ni les vomissements, si fréquents après la chloroformisation par le procédé ordinaire. A ces avantages s'ajoute celui d'une économie notable sur la dépense, puisque au lieu de 25 ou 30 gouttes qu'on verse sur la compresse, il suffit d'en donner une demi-goutte avec son appareil.

Avant de communiquer ces résultats à l'Académie des Sciences, Paul Bert les avait vérifiés dans vingt

deux cas, où il s'agissait toujours de graves opérations, telles que : amputations de membres, opérations de la face, ovariotomie. Cette dernière ne dura pas moins de cinq quarts d'heure.

Depuis, l'anesthésie a été pratiquée de la même façon plus de cinq cents fois dans deux des plus importants services de chirurgie des hôpitaux de Paris, toujours avec le même succès.

Toutefois la méthode inaugurée par Paul Bert eut plus de retentissement hors de chez nous qu'en France, et on pourrait craindre que le fruit de ses travaux ne nous revienne plus tard comme une importation étrangère. La seule objection soulevée était d'ordre accessoire : elle résidait dans le volume du gazomètre qu'il faut transporter sur le lieu de l'opération. Paul Bert était sur le point de la résoudre lorsque ses recherches furent interrompues par son brusque départ. Mais ses élèves, dont il avait fait des collaborateurs, sont là, et, pénétrés des idées du maître, ils assureront à la science française tout le profit de son œuvre humanitaire (1).

(1) Parmi les élèves de Paul Bert qui ont collaboré à ses expériences sur le chloroforme, nous devons citer en première ligne son préparateur, M. le D<sup>r</sup> Raphaël Dubois.

## CHAPITRE VIII.

### PAUL BERT PROFESSEUR ET VULGARISATEUR.

Paul Bert, homme d'action et grand savant, ne se contentait pas d'observer et d'apprendre des faits. Chez lui, l'investigateur était doublé d'un professeur écouté et d'un vulgarisateur émérite. Il ne fut pas seulement un chercheur anxieux de sonder les mystères de l'inconnu, il voulait être en même temps éducateur et pédagogue. Pour lui, savoir ne suffisait point; il fallait surtout faire savoir, instruire les autres.

Ses cours et ses conférences à la Sorbonne, dont un certain nombre ont été publiés, témoignent de son ardent désir de graver dans l'esprit des élèves studieux qui l'entouraient des notions exactes et des idées justes sur la physiologie, c'est-à-dire sur la nature des êtres vivants.

Comme il avait vu et contrôlé par lui-même la

plupart des faits qu'il exposait avec tant de clarté, l'autorité de sa parole était considérable. En un instant il se mettait en communication d'esprit avec son auditoire et le conquérait à la science.

Paul Bert se préoccupa aussi de l'instruction des femmes, et il parla un des premiers en faveur de l'enseignement secondaire des jeunes filles. A Auxerre, on l'a vu assister aux conférences de l'Hôtel-de-Ville, interroger et encourager les élèves qui suivaient ces leçons, et ses filles même fréquentaient les cours secondaires, qui ont été transformés en collège, il y a quelques années.

Il contribua puissamment à l'organisation des cours secondaires de la Sorbonne, et il y professa la Zoologie. Cet enseignement oral s'adressait aux jeunes filles, et le maître se plaisait à reconnaître que son auditoire féminin goûtait la science et la comprenait aussi bien que les étudiants de la Faculté des Sciences. Il consacra à ces cours des heures douces et utiles. Il avait conscience de sa haute mission d'éducateur quand il relevait la femme et revendiquait pour elle le droit à l'instruction. Il disait avec raison : « Instruire les femmes, « fortifier leur jugement, discipliner leur imagination, ouvrir leur esprit aux vérités naturelles, « c'est le plus sûr moyen de les mettre à l'abri des « exagérations mystiques, c'est travailler à la fois « à la paix intérieure des familles et au progrès « général de la société. »

Paul Bert avait été un des premiers à demander l'introduction de l'enseignement des sciences naturelles dans les programmes. Il applaudit aux réformes du conseil supérieur de l'instruction publique, réformes qu'il avait déjà rêvées et appliquées en partie dans ses écrits. Il redoutait seulement que ces sciences fussent mal enseignées. Elles en courraient le risque, le personnel chargé de cette mission ayant été improvisé. Pour alléger dans une certaine mesure la tâche des professeurs auxquels incombaît le nouvel enseignement, il se mit à l'œuvre et composa des manuels admirables qui ont été traduits dans toutes les langues. Ainsi, par exemple, la *deuxième année d'enseignement scientifique* a été traduite en russe, en anglais, en italien, en suédois et même, sans l'avis de l'auteur et au mépris du droit de propriété littéraire, en d'autres langues.

Dans ses manuels à l'usage des élèves des écoles primaires, Paul Bert sait prendre le langage qui convient à l'enfance. Il voulait que l'éducation scientifique précédât l'éducation littéraire, toute de forme et d'affirmations, mais il savait que la science est difficile pour les esprits à peine formés. Aussi, rédigeait-il des leçons simples, familières et pleines de charme. Il disait : « Je ne crois pas qu'il y ait mieux à faire pour développer et affranchir l'esprit de l'enfant que d'ouvrir devant lui, suivant l'expression de Bernard de Palissy, le grand

« livre de la nature et que de lui apprendre à y lire couramment. Qui voit juste, raisonne bien. « Et en même temps que la raison, le sentiment y trouve son compte. » Paul Bert excellait à ranimer l'attention et à tenir en éveil la curiosité de tous ceux auxquels il s'adressait.

Nous avons dit plus haut que Paul Bert était un vulgarisateur de premier ordre. Toutes ses qualités d'exposition se retrouvent dans les *Revues scientifiques* du journal *la République française*, qu'il dirigeait avec un soin jaloux, et dans un grand nombres d'articles scientifiques disséminés dans les journaux spéciaux. Huit jours après la nouvelle de sa mort, la *Nature* recevait de lui et publiait une note des plus intéressantes sur les *Pêcheries de l'Annam et du Tonkin*.

Son érudition était immense. A la Société de Biologie, dont il avait été élu président perpétuel en 1878, en remplacement de Claude Bernard, les communications les plus diverses provoquaient de sa part les observations les plus originales. C'est surtout pour les nouveaux venus dans la science qu'il trouvait quelques-unes de ces paroles bienveillantes qui rassurent et réconforment les plus timides. Nous n'oublierons jamais les encouragements qu'il nous donna à la suite d'une communication faite à la Société de Biologie sur des expériences d'*hypnotisme*. En cette circonstance, il

prouva que sa compétence s'étendait aux études sur le sommeil provoqué aussi bien qu'à toutes les autres.

Quoi qu'on ait dit, Paul Bert n'avait jamais songé à abandonner la science. En le voyant à la Chambre des députés se livrer avec ardeur aux luttes parlementaires, on ne pensait guère que sous ces dehors ardents et passionnés du politicien militant se cachait l'observateur attentif, l'expérimentateur ingénieux, le médecin dévoué, le grand professeur, qui continuait ses travaux au milieu même des plus vives discussions politiques.

Non seulement il aimait et cultivait la science, mais il s'intéressait à tous ceux que l'étude attirait, et c'est à ceux-là surtout qu'il réservait ses sympathies. La meilleure preuve que j'en puisse donner est cette anecdote personnelle :

On avait dit à Paul Bert que je me destinais à la politique ; aussi me témoignait-il, depuis ce moment, une froideur assez marquée. Un jour, dans le cours de mes études de médecine, désireux de devenir élève de l'école pratique des hautes Etudes et d'acquérir le titre de boursier du Muséum d'histoire naturelle, j'allai le voir. La réception fut d'abord peu encourageante ; mais lorsque j'eus exprimé mes intentions et demandé à Paul Bert ce qu'il en pensait, sa figure s'éclaircit. Je sentis que sa prévention s'effaçait. Il me dit : « Ah ! vous

voulez vous consacrer à la science, je vous en félicite. La science récompense toujours ceux qui se mettent à son service et elle ne leur donne jamais de déceptions aussi cruelles que la politique. » Et séance tenante, pour me faciliter l'entrée des laboratoires, il m'offrit sept longues lettres de recommandation.

Nous n'aurions pas tout dit si nous omettions de rappeler que, comme tous les grands esprits, Paul Bert possédait au plus haut degré le sentiment de la justice et la vertu de la reconnaissance. Un des premiers actes de son passage au ministère de l'instruction publique fut de réparer l'injustice commise à l'égard de l'inventeur de la *Métallothérapie*, le docteur Burq. Il le fit nommer chevalier de la Légion d'honneur.

Sa reconnaissance pour ses maîtres se trouve exprimée dans un grand nombre d'éloges remarquables. S'il proclamait les titres glorieux des plus illustres, comme Gratiolet, Claude Bernard, François Arago, dont le nom appartient à la postérité, il n'oubliait pas les humbles. Ainsi sur sa thèse pour le doctorat en médecine, après l'hommage traditionnel à tous les maîtres éminents dont il avait reçu les conseils, il n'oubliait pas ce modeste professeur libre, le père Dupré, son compatriote, connu de plusieurs générations d'étudiants, qui lui avait enseigné l'Anatomie.

Il est inutile d'insister sur ce point. Tous ceux qui ont connu Paul Bert dans l'intimité savent qu'il était doué d'un grand cœur.

L'Académie des Sciences avait reçu Paul Bert dans son sein en 1881, en remplacement de M. le professeur Bouillaud. À la nouvelle de sa mort, elle a déploré, par la bouche du professeur Vulpian, son secrétaire général, la perte immense que la science venait de faire.

Mais l'émotion de cette assemblée fut portée à son comble, lorsque dans la séance du 3 janvier dernier, M. Joseph Bertrand eut donné lecture d'une lettre adressée à l'un des membres de l'académie, M. Marcel Deprez, qui, comme on sait, eut le premier l'idée d'utiliser les cours d'eau pour la transmission de la force à distance.

Paul Bert, déjà gravement malade, oubliait son état pour ne penser qu'à l'intérêt général de la colonie qu'il était chargé de gouverner.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire le texte de sa lettre, qui montre assez qu'elles furent, jusqu'à son dernier soupir, les préoccupations patriotiques de notre premier Résident général au Tonkin.

CABINET

du

RÉSIDENT GÉNÉRAL

Hanoï, 18 octobre 1885.

Mon cher confrère,

Vous savez combien je suis heureux de vous donner

ce titre et d'avoir voté pour vous bien avant le scrutin qui vous a rendu justice.

Je viens vous demander le *paiement* en service d'État.

Notre ville d'Hanoï est baignée par un puissant fleuve de 800 mètres de large avec une eau profonde (de 5 à 10 mètres suivant l'époque) et rapide. Elle est d'autre part en pleines ténèbres, ses 30 hectares de surface (maximum de distance du fleuve, 1 kilomètre) étant impraticables la nuit. Je fais éclairer au pétrole, mais c'est un procédé sauvage. Le gaz est trop cher, et puis c'est un moribond.

Je viens vous demander conseil.

Peut-en utiliser le fleuve pour produire la lumière ? Les dépenses seraient-elles énormes ?

Songez : si nous réussissions, nous serions en avance sur l'Angleterre et même — le Japon !

Répondez-moi vite, mes jours sont comptés — et merci.

A vous.

PAUL BERT.

Ceci nous amène à dire qu'en acceptant la tâche d'organiser et de créer notre administration coloniale en Indo-Chine, Paul Bert avait été surtout guidé par une idée scientifique.

Pour s'en convaincre, il suffit de relire la conférence qu'il fit le 7 février 1883, au Cercle républicain de l'Yonne, à Paris, sous le titre : *L'avenir colonial de la France en Asie et en Afrique*.

Paul Bert nous avait chargé de recueillir cette conférence, et c'est d'après nos notes personnelles qu'elle fut publiée quelque temps après. Il y déve-

l'opposait notamment la pensée que pour nous assurer la possession définitive de nos colonies, il était nécessaire de rompre résolument avec les errements du passé, et au lieu de chercher à s'imposer par la force aux peuples que nous protégeons, de nous en faire aimer en leur apportant la suppression réelle de l'esclavage.

Dans ses *Lettres de Kabylie*, publiées en 1885, il traçait un plan semblable de la politique que nous devons suivre en Algérie. « Il faut qu'on sache bien, écrivait-il, que nous ne sommes pas les ennemis de la population indigène, que nous voulons améliorer son bien-être, son développement intellectuel, sa situation morale. Et cela non pas seulement par générosité pure, non par enthousiasme exclusif de sentiments chevaleresques, mais dans notre intérêt même, dans l'intérêt de la France ! »

L'application de ces principes avait déjà donné au Tonkin des résultats merveilleux. Nul doute que Paul Bert n'eut rapidement constitué en Indo-Chine une puissance coloniale égale à celle que Dupleix avait créée dans l'Inde, si la mort n'était venue le surprendre au milieu de sa glorieuse mission. Ceux qui l'ont vu à l'œuvre savent qu'il a moins succombé aux rigueurs d'un climat fatigant qu'aux excès d'un travail sans relâche qu'il s'était imposé.

Tous les Français doivent regretter à la fois le savant illustre et le citoyen vaillant mort au service de la Patrie, victime de sa logique scientifique.



\*\*\*\*\*

## APPENDICE

---

### LISTE

des ouvrages scientifiques, littéraires et politiques  
de Paul Bert.

---

#### ŒUVRES SCIENTIFIQUES

Influence des couleurs sur la végétation. — GAUTHIER-VILLARS, 1871.

Recherches sur les mouvements de la Sensitive. — J.-B. BAILLIERE, 1837.

Leçons sur la Physiologie comparée de la respiration. — J.-B. BAILLIERE, 1870.

Premières notions de Zoologie. — MASSON, 1883, 2 fr. 50.  
Éléments de Zoologie (en collaboration avec Raphaël Blanchard), in-8°. — MASSON, 6 fr.

Leçons de Physiologie professées à la Sorbonne, in-8°. — MASSON (épuisé).

Anatomie et Physiologie animales, in-18. — MASSON, 1885, 3 fr. 50.

Revues scientifiques publiées dans la *République française* de 1878 à 1884, 7 vol. in-8°. — MASSON, chaque volume, 6 fr.

Pression barométrique, in-8°, 1163 pages. — MASSON, 1875, 25 fr.

Catalogue méthodique des Vertébrés sauvages de l'Yonne, avec clefs des espèces et diagnoses. — MASSON, 1834.

La machine humaine. — HACHETTE, 1857.

Lectures sur l'histoire naturelle des Animaux. — HACHETTE, 1883.

Première année d'Enseignement scientifique. — A. COLIN, 1885, 1 fr. 50.

Deuxième année. — A. COLIN.

Le Choléra. — OLLENDORF, 2 fr.

Leçons, Discours et Conférences. — CHARPENTIER, 3 fr. 50.

Éléments de Géométrie expérimentale. — DELAGRAVE.

Lectures et Leçons de Choses. — PICARD-BERNHEIM, 1887, 1 fr.

## ŒUVRES POLITIQUES

Rapport sur la création de nouvelles Facultés de Médecine — DELAGRAVE, 1874.

Discours sur la nomination des Instituteurs (Prononcé à la Chambre le 4 mars 1884). — DELAGRAVE.

A l'ordre du jour. — OLLENDORF, 3 fr. 50.

Discours parlementaires. — Morale des Jésuites. — CHARPENTIER, chaque volume, 3 fr. 50.

L'Instruction religieuse dans l'école. (Conférence faite au Cirque d'hiver le 28 août 1881). — PICARD-BERNHEIM, 0 fr. 75.

De l'Éducation civique. (Conférence faite au Trocadéro le 6 août 1882). — PICARD-BERNHEIM, 0 fr. 40.

Discours prononcé par M. Paul Bert au Banquet des Instituteurs et Institutrices, le 18 septembre 1881. — PICARD-BERNHEIM, 0 fr. 75.

Rapport sur l'organisation de l'Enseignement primaire, présenté à la Chambre le 20 juin 1882. — PICARD-BERNHEIM, 0 fr. 75.

Loi sur l'Enseignement primaire. — MASSON.

Discours sur la Loi du recrutement militaire, prononcé à la Chambre en juin 1884. — ROUILLÉ, Auxerre.

Discours sur les Crédits du Tonkin, prononcé à la Chambre le 21 décembre 1885. — ROUILLÉ, Auxerre.

Les Deuils de l'Yonne (Ganibetta, Guichard, Ribiére, Lepère). — ROUILLÉ, Auxerre.

Projet de loi sur l'organisation de l'Enseignement supérieur. — GERMER-BAILLIÈRE, 1872.

Lettres de Kabylie. — La Politique Algérienne. — LEMERRE, 2 fr. 50.

## OUVRAGES DE PÉDAGOGIE

Instruction civique à l'école. — PICARD-BERNHEIM, 1 fr.

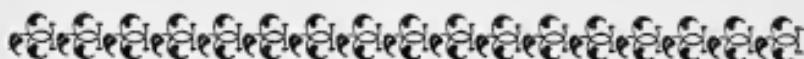
**Ouvrages faits en collaboration avec M. Paul Bert.**

M<sup>me</sup> Henriette MASSY. — Notions de morale et d'éducation civique à l'usage des jeunes filles. — PICARD-BERNHEIM, 1 fr. 10.

A.-P. DE LAMARCHE. — Nos Devoirs et nos Droits. — PICARD-BERNHEIM, 1 fr. 25.







## TABLE DES MATIÈRES

---

INTRODUCTION.....	5
CHAPITRE I <sup>e</sup> . — Débuts scientifiques de Paul Bert. — La Greffe animale et la Vitalité des tissus animaux .....	9
CHAPITRE II. — La Pression barométrique.....	23
CHAPITRE III. — La Physiologie de la respiration	49
CHAPITRE IV. — Physiologie générale et Physiologie comparée.....	59
CHAPITRE V. — Anatomie comparée et Zoologie.	73
CHAPITRE VI. — Physiologie végétale .....	79
CHAPITRE VII. — Les Anesthésiques .....	91
CHAPITRE VIII.— Paul Bert professeur et vulgarisateur .....	103
APPENDICE. — Liste des ouvrages scientifiques de Paul Bert et liste de ses ouvrages littéraires et politiques.....	113

---

*Achevé d'imprimer le 30 Janvier 1887*

Par G. ROUILLÉ

A AUXERRE.

---